

Eemil Haukkala

TUOTANTOLINJAN LAYOUT-SUUNNITTELU

TUOTANTOLINJAN LAYOUT-SUUNNITTELU

Eemil Haukkala
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Insinööri AMK

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotantotalous

Tekijä: Haukkala, Eemil

Opinnäytetyön nimi: Tuotantolinjan layout-suunnittelu

Työn ohjaaja: Timo Broström

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2018 Sivumäärä: 59 + 11 liitettä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella uusi, tehokas tuotantolinja Welapro Oy:lle. Työ oli ajankohtainen, sillä yritys oli uusi ja tuotannonsuunnittelu oli vielä strategisesti täysin toteuttamatta. Ennen työn toteuttamista yrityksen tuotanto koostui tuotteen epäjärjestelmällisestä kokoamisesta yhdessä työpisteessä. Opinnäytetyö keskittyi sujuvan kokonaistuotannon suunnitteluun. Työssä suunniteltiin erilliset työvaiheet, layout, materiaalivirrat ja kolme erikoistyökalua.

Tuotantolinjasto koostuu osakokoonpanovaiheista, loppukokoonpanosta, testauksesta ja pakkauksesta. Työssä käsiteltiin kaikkia näitä vaiheita ja ne päädyttiin tekemään kukin omilla työpisteillään. Tuotantokokonaisuuden ja -linjan suunnittelussa hyödynnettiin tiloissa jo olevia materiaaleja, kuten pöytiä ja työkaluja. Suunnittelussa otettiin huomioon tuotantotilan valmiiksi asettamat puitteet ja toimeksiantajayrityksen toiveet tahtiaikatavoitteesta ja sekä siitä, että linjastossa olisi mahdollista työskennellä myös yhden työntekijän voimin.

Työn teoriaosuudessa tarkasteltiin tuotanto- ja layout-menetelmien kirjallisuutta yleiskuvan saamiseksi. Kirjallisuuden perusteella vertailtiin eri layout-tyyppien soveltuvuutta ja kehitettiin kaksi laitteen kokoonpanoon soveltuvaa layout-vaihtoehtoa. Layout-mallinnukset tehtiin ArchiCAD-3D-suunnitteluohjelmalla ja vaihtoehtoja vertailtiin keskenään yrityksen tavoitteiden ja tarpeiden näkökulmasta. Vertailujen perusteella valittiin tuotantomenetelmäksi solulayout-tyyppinen kokoonpanolinja, joka soveltui käyttöön parhaiten tehokkuutensa ja joustavuutensa ansiosta. Valittu layout oli materiaalivirtaukseltaan selkeämpi ja vaati vähemmän muutoksia tuotantotiloilta.

Työn tuloksena saatiin valmis layout-suunnitelma ja työtilan 3D-malli. Lisäksi layoutin sisäisistä tuotteen työvaiheistuksista ja materiaalivirroista laadittiin kuvaukset. Työssä kehitettiin myös kokoonpanovaiheita nopeuttavia erikoistyökaluja, jotka on sisällytetty yrityksen tuotantoon myös käytännössä. Tässä opinnäytetyössä tehdyt suunnitelmat muutoin on annettu toimeksiantajalle toteutettavaksi, mutta niitä ei ole vielä toistaiseksi otettu kaikilta osin käyttöön.

Asiasanat: layout, tuotantolinja, solu, tuotannonsuunnittelu, lean

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
SANASTO	6
1 JOHDANTO	8
2 WELAPRO OY	8
2.1 Yritys	10
2.2 Weela-kuntoilulaite	10
3 LAYOUTTYYPIT	12
3.1 Määritelmä	12
3.2 Tuotantolinja	12
3.3 Funktionaalinen layout	13
3.4 Solulayout	14
3.5 Layoutin valinta ja suunnittelu	16
3.6 Suunnittelun tavoitteet	17
4 MATERIAALIHALLINTA	19
4.1 Yleistä	19
4.2 Tavoitteet	19
4.3 Varastojen ohjaus	20
4.3.1 Varastot	20
4.3.2 Varaston suunnittelu	21
4.3.3 Varastovalvonta	21
4.4 Hankintojen logistiikan hallinta	22
5 LEANIN MENETELMÄT	23
5.1 Määritelmä	23
5.2 Hukan eliminointi	23
5.3 Laadunhallinta	25
5.4 5S-menetelmä	27
5.5 Jatkuva parantaminen	31
5.6 Jatkuva prosessin virtaus	31
6 STAATTINEN SÄHKÖNPURKAUTUMINEN KOKOONPANOSSA	34
6.1 Varauksen muodostuminen	34

6.2 Varauksen hallittu purkautuminen	35
6.3 Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi	36
6.4 Työntekijä ESD-suojatussa tilassa	36
7 ALKUTILANNE	38
7.1 Työn tavoitteet ja rajaukset	38
7.2 Tuotantotila ja tilankäyttö	38
8 WEELAN KOKOONPANO	40
8.1 Kokoonpano pääpiirteittäin	40
8.2 Hienomekaanisen osakokoonpanotyön suunniteltu järjestys	41
8.3 Alustan osakokoonpano	43
8.4 Kokoonpanon tavoite	43
9 LAYOUTSUUNNITTELU	44
9.1 Tuotantomenetelmän valinta	44
9.2 Layoutpohja	44
9.2.1 Layout 1	45
9.2.2 Layout 2	47
9.2.3 Layout-vaihtoehtojen vertailu	49
9.2.4 Layoutin valinta	50
9.3 Tuotantotilat	51
9.3.1 Tuotantotila 1	51
9.3.2 Tuotantotila 2	52
10 YKSITTÄISTEN TYÖVAIHEIDEN KEHITTÄMINEN	53
10.1 Työpisteiden suunnittelu ja määrittely	53
10.2 Erikoistyökalujen suunnittelu ja toteutus	54
10.2.1 Liukulaakereiden asennustyökalu (osakokoonpano a)	54
10.2.2 Laakerin asennustyökalu (osakokoonpano b)	55
10.2.3 O-renkaan kartiokiinnitin	57
11 YHTEENVETO	58
LÄHTEET	59
LIITTEET	59

SANASTO

ESD	electrostatic discharge, staattisen sähköön purkaus, sähkövarauksen purkautumisilmiö
JIT	Just In Time, yksi lean-menetelmistä, joka perustuu japanilaiseen johtamisfilosofiaan ja sen tiedetään kehittyneen Toyotan tehtaalla; logistinen varastonhallinta- ja tuotannonohjausstrategia, jonka tarkoituksena on parantaa tehokkuutta
JOT	Juuri Oikeaan Tarpeeseen, suomessa käytetty termi englanninkielisen JIT-lyhenteen sijasta
layout	tarkoitetaan tuotannossa sitä, miten tuotantotila on järjestetty: miten laitteet, työpisteet, kulkureitit, varastot ja muut tarvittavat asiat on sijoiteltu tehtaaseen tai työtilaan
lean	johtamisfilosofia, joka keskittyy seitsemän erilaisen turhuuden ja tuottamattomien toimintojen poistamiseen, jossa pyritään poistamaan ei-arvoa tuottavaa toimintaa ja välttämään kaikenlaista hukkaamista ja tuhlaamista
5S	Japanissa kehitetty 5S on osa lean käsitteitä, joka on työpaikkojen

organisointiin ja työmenetelmien
standardisointiin keskittyvä menetelmä

1 JOHDANTO

Tuotanto on yrityksen keskeinen osa-alue ja koko yritystoiminnan edellytys. Tuotannossa valmistetaan yrityksen myyntiin menevät tuotteet, joten tuotanto on koko yritystoiminnan lähtökohta. Yrityksen toiminnan osatekijänä tuotannolle on yleisesti asetettu tavoitteeksi alhaiset valmistuskustannukset, laatu eli virheettömyys, toimituskyky ja joustavuus. Laatu yleisesti tarkoittaa tuotteelle ominaista fyysistä etevyyttä, mutta tuotannon näkökulmasta se tarkoittaa erityisesti tuotteen virheettömyyttä. Toimituskyky koostuu nopeasta toimitusajasta ja luvatus toimituspäivän pitämisestä ja joustavuus kyvystä vastata kysynnän vaihteluihin. (1, s. 61.)

Tuotannolle asetetut tavoitteet ovat kuitenkin usein toistensa kanssa keskenään ristiriitaisia, eikä kaikkia niistä tuotantoa järjestelemälläkään pystytä täysin tavoittamaan. Sen vuoksi näiden tavoitteiden välillä joudutaan tekemään käytännön valintoja strategisesta näkökulmasta. (1, s. 61.) Tuotannonsuunnittelu on siis tuotannon järjestelyä tai uudelleenjärjestelyä siten, että tavoitteiden toteutuminen saadaan yrityksen strategian kannalta optimoitua. Yrityksen strategia eli valinnat eri tavoitteiden toteutumisessa asettaa yrityksen omat, sisäiset painoarvot tuotannon tavoitteille. Tuotannonsuunnittelulla näitä strategisia tavoitteita pyritään mahdollisimman täysimääräisesti saada toteutetuksi.

Tämän opinnäytetyön aiheena on tuotannonsuunnittelu kokoonpantavalle Weela-kuntoilulaitteelle. Tuotannonsuunnittelun kohteena olevan kuntoilulaitteen perustavana lähtökohtana on, että laitteen vastustavan voiman synnyttää sähkömoottori, jota ohjelmiston avulla säädetään portaattomasti. Tuotannonsuunnittelu toteutettiin Welapro Oy:n toimitiloissa. Yritys on perustettu vuonna 2015 Kempeleessä.

Aiheenvalintaa helpotti merkittävästi se, että laite on uusi innovaatio ja tuotannonsuunnittelu kyseiselle tuotteelle on myös tosiasiallisesti tarpeen. Koska tuotanto ei tule koskaan loppumaan ja jokaisen yrityksen toiminnoissa on aina

kehitettävää, tuotannonkehittäminen pysyy jatkuvasti ajankohtaisena. Tästä syystä näen työni aiheen tarpeelliseksi myös tulevan ammattini kannalta.

Opinnäytetyön keskeisimpinä lähtökohtatavoitteina on saada yrityksen tilanteeseen ja strategiaan sopiva layoutpohja sekä lopputuotoksena tarkoituksenmukainen ja toimiva tuotantokokonaisuus. Tuotannon perustaksi luodaan toimiva layoutpohja yrityksen tavoitteista ja tarpeista käsin. Sujuvan tuotantokokonaisuuden toteuttamiseksi suunnitellaan tuotannonkulkua yksinkertaistavia ja helpottavia, erityiseen tarkoitukseensa soveltuvia työkaluja. Tavoitteiden saavuttamiseksi työn suunnitelmassa käytetään eri filosofioita, kuten lean-ajattelua ja siihen liittyviä menetelmiä.

Työ jakautuu pääpiirteittäin teoreettiseen osuuteen (luvut 2–6) sekä käytännölliseen osuuteen (luvut 7–10). Teoriapohjana työssä käsitellään eri layouttyyppejä, materiaalinhallintaa, lean-menetelmiä ja staattista sähköpurkausta. Käytännöllinen osuus aloitetaan kuvaamalla tuotannon alkutilanne sekä tuomalla esiin yrityksen tavoitteet ja työn rajaukset kappaleessa 7. Luvussa 8 esitellään laitteen kokoonpano, josta on osana tätä työtä laadittu mahdollisimman selkeä vaihejaottelu työpisteittäin. Luvussa 9 esitellään tuotantoa varten teoriaosuuden pohjalta suunnitellut layout-vaihtoehdot 1 ja 2. Näiden pohjalta tehdään yrityksen strategisen pisteytyksen perusteella vertailu ja valitaan tarkoituksenmukaisempi. Valitun layout-pohjan mukaisesti suunnitellaan lopulliset tuotantotilat, jotka esitellään luvun 9 lopussa. Luvussa 10 esitellään, kuinka yksittäisiä osakokoonpanovaiheita on työssä kehitetty. Sisältävät sekä yksittäisten työpisteiden järjestämisen että kehitetyt työkalut. Liitteinä työssä ovat suunnitellut layout-pohjat, työvaiheiden vaiheistukset sekä materiaa livirrat.

WELAPRO OY

1.1 Yritys

Welapro on nuori, innovatiivinen lihaskuntoilun harjoittamista kehittävä yritys, joka on perustettu vuonna 2015. Yrityksen tuotteen perustana on Oulun ammattikorkeakoulussa neljän vuoden aikana kehitetty kannettava Weela-kuntoilulaite, jossa on ollut mukana useita opiskelijoita moniammatillisen opiskelijatiimin voimin. (1.)

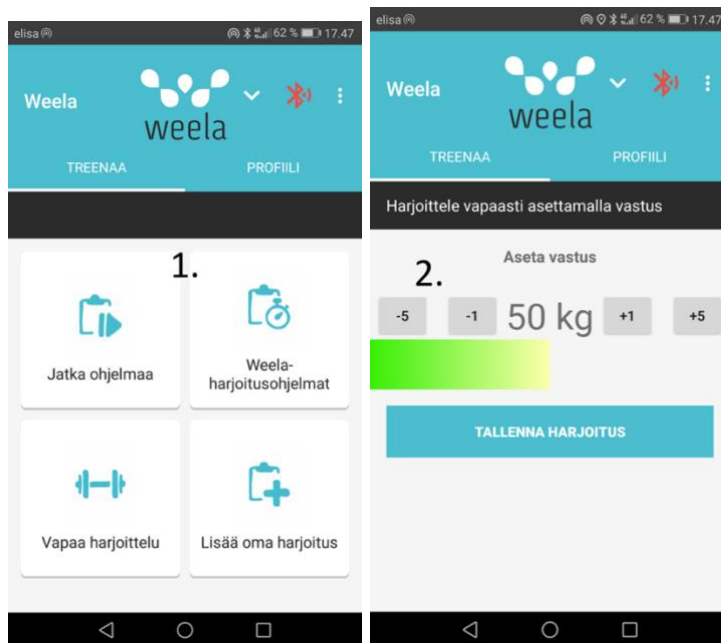
1.2 Weela-kuntoilulaite

Moderni mobiilisti ohjattu kuntoilulaite on suunniteltu koko kehon lihaskuntoharjoitteluun. Weela (kuva 1) on kooltaan pieni ja kevyt, mutta tuottaa vastusta portaattomasti 0:sta 100:aan kilogrammaan. Laitteen toiminta perustuu sähkötoimisen moottorin ja älykkään ohjausjärjestelmän yhtenä kokonaisuutena tuottamaan tasaiseen vastukseen.



KUVA 1. Weela-kuntoilulaite (2)

Kuntoilulaitteeseen liitetään Bluetooth-yhteydellä käyttäjän oma mobiililaitte, joka toimii sovelluskaupasta ladattavan WeelaTrainer-mobiilisovelluksen kautta (kuva 2). Sovelluksen avulla käyttäjä määrittelee omaan harjoitukseen sopivan vastuksen 0–100 kg:n väliltä (kuva 2, osa 2).



KUVA 2. WeelaTrainer-sovellusnäkymät mobiililaitteessa (2)

Kuntoilija voi ottaa käyttöönsä henkilökohtaisesti räätälöidyn harjoitusohjelman, jossa on laadittu opastusvideot jokaisen liikkeen oikeaoppiseen suorittamiseen. Sovelluksen kautta käyttäjä voi tarkastella kunto-ohjelmaa, peilata harjoittelua tavoitteisiin ja seurata omaa kehitystään. Sovellus on ladattavissa Android-pohjaisiin laitteisiin Play-kaupasta, mutta kehitteillä on myös Applen IOS-alustaa tukeva sovellus.

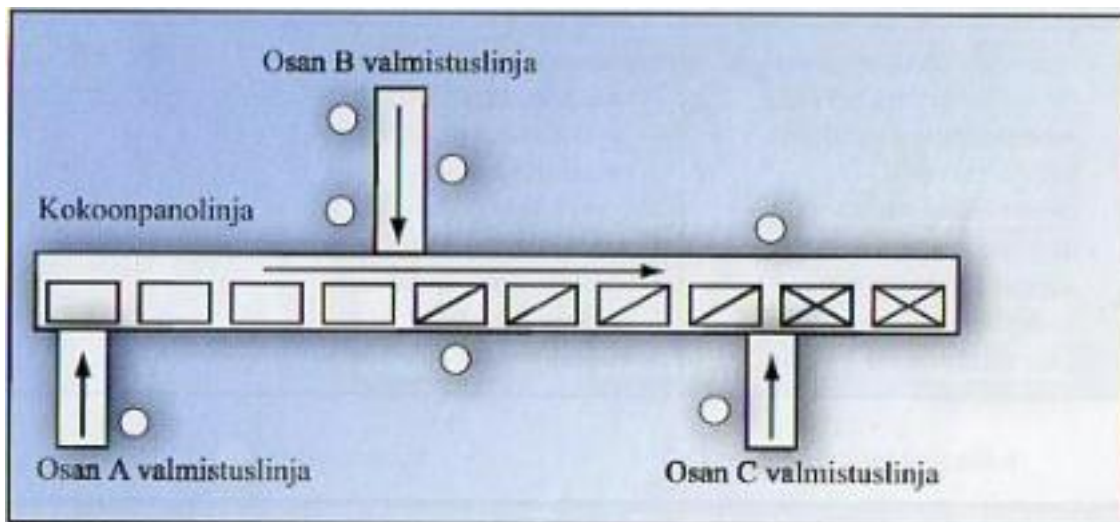
2 LAYOUTTYYPIT

2.1 Määritelmä

Layout on termi, jolla tarkoitetaan tuotannon järjestelyä tuotannon fyysisten osien perusteella eli sitä, miten tuotanto käytännössä fyysisesti toteutetaan. Tuotannon fyysisiä osia ovat esimerkiksi koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelu. Layoutista saatetaan käyttää myös nimitystä organisaatio. (1, s. 65.) Layoutit voidaan jakaa työnkulun ja tuotantolaitteiden sijoittelun perusteella kolmeen päätyyppiin: tuotantolinjalayoutiin, funktionaaliseen layoutiin ja solulayoutiin. (3, s. 475.)

2.2 Tuotantolinja

Tuotantolinjalayoutissa (kuva 3) koneet ja laitteet ovat valmistettavan tuotteen työvaiheiden mukaisessa järjestyksessä. Tuotantolinja on erikoistunut tietyn tuotteen valmistamiseen. Työnkulku on selkeää, ja eri työvaiheiden välillä voidaan käyttää mekaanisia kuljettimia. Kappaleiden käsittely ja valmistus on automatisoitua ja tehokasta. (3, s. 475.)



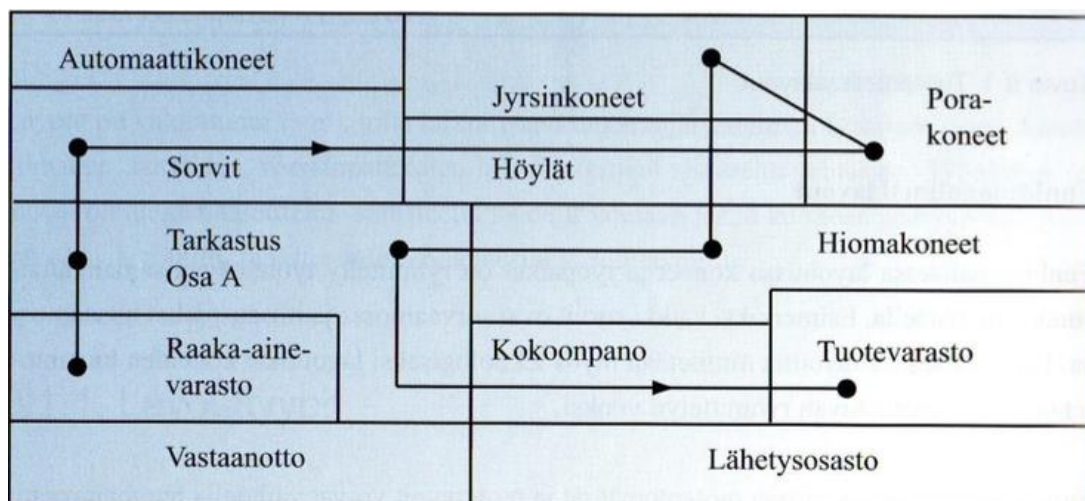
KUVA 3. Tuotantolinjalayout (3, s. 476)

Tuotteiden suuri volyymi ja korkea kuormitusaste ovat keskeisiä edellytyksiä tuotantolinjan rakentamiselle. Suurien valmistusmäärien ansioista tuotteiden yksikköhinta muodostuu alhaiseksi, vaikka tuotantolinjan rakentamisen kustannukset ovat suuret. Tuotantolinja sietää huonosti pieniäkään häiriöitä, koska ne vaikuttavat nopeasti koko linjan tuottavuuteen. (3, s. 475)

Laadunvalvonta on tärkeää, ja häiriöiden aiheuttamat kustannukset ovat merkittäviä, koska linja kykenee tuottamaan tehokkaasti myös virheellisiä tuotteita. Kapasiteetin kasvattaminen on vaikeaa määritetyn linjan toteutuksen jälkeen. Tuotantosarjat ovat usein pitkiä, koska tuotteen vaihtaminen vaatii pitkän asetusajan. Tuotannonohjausta helpottaa selkeä työnkulku, ja tuotantolinjaa ohjataan käytännössä yhtenä kokonaisuutena. (3, s. 475–476.)

2.3 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa (kuva 4) työpaikat ja koneet on ryhmitelty siten, että samankaltaiset työtehtävät ovat yhdessä ryhmässä. Usein nämä on nimetty resurssin mukaisesti. (1, s. 65.) Esimerkiksi konepajassa kaikki sorvit ovat sorvaamossa ja hitsauspaikat hitsaamossa. Layout nimetään usein koneiden tuotantoteknologiaan perustuvan ryhmittelyn vuoksi teknologiseksi layoutiksi. (3, s. 476.)



KUVA 4. Funktionaalinen layout (3, s. 477)

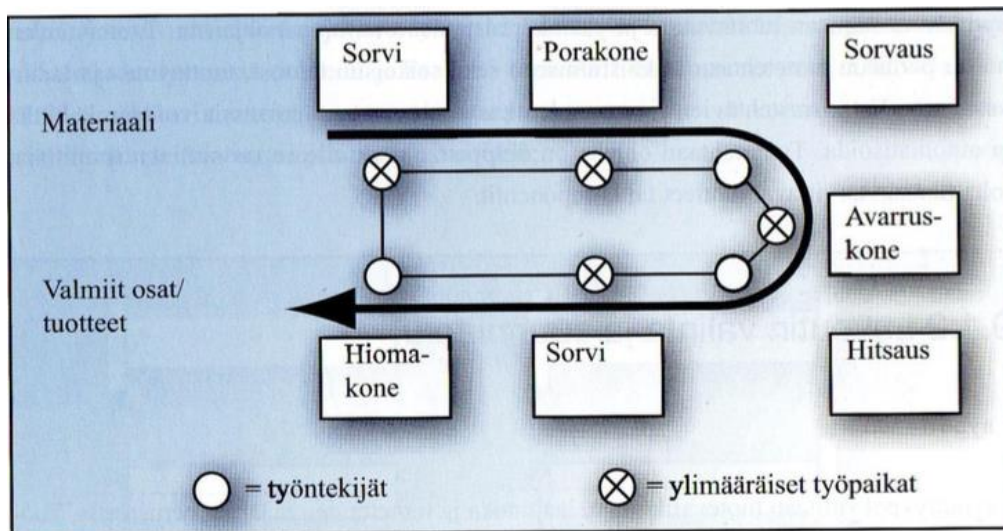
Funktionaalisisessa layoutissa laitteet ja koneet ovat tavallisesti monipuolisia yleiskoneita, joilla voidaan valmistaa useampia eri tuotteita. Vaihtelevien työnkulkujen vuoksi materiaalinkäsittelyyn voidaan soveltaa automaatiota vain rajoitetusti. (3, s. 476)

Tuotannonohjaus perustuu eri koneille jonottavien töiden järjestelyyn. Töiden ohjaus oikea-aikaisesti työvaiheesta toiseen on hankalaa ja työjonot kasvavat. Työjonoon kerääntyy keskeneräisiä tuotteita, jotka pidentävät tuotannon läpäisyäikää. Työpisteiden väliset etäisyydet vaikuttavat materiaalien kuljetus- ja käsittelykustannuksiin. Myös laadunhallinta on hankalaa työpisteiden ja välivarastojen pitkien etäisyyksien vuoksi. (3, s. 476.)

Funktionaalisen layoutin toteutus on yksinkertainen ja halpa. Tuotteet valmistetaan yksittäiskappaleina tai sarjoina ja tuotantomääriin ja tuotannon tuotetyyppeihin voidaan vaikuttaa helposti ja ne voivat vaihdella usein. Kapasiteetin kasvattaminen ja erilaisten tuotteiden valmistaminen on joustavaa. Layoutin tuottavuus tuotantolinjaan verrattuna on heikompi, mutta kuormitusasteet jäävät keskimäärin mataliksi. (3, s. 476–477.) Layoutin eduiksi katsotaan resurssien käyttöasteen maksimointi sekä yksittäisten vaiheiden osaamisen keskittäminen yhteen paikkaan. Funktionaalinen layout mahdollistaa minkä tahansa tuotantovaiheiden järjestyksen ja siten toisistaan poikkeavien tuotteiden sujuvan valmistamisen. Funktionaalinen tuotanto oli hallitseva 1980-luvulle asti, jonka jälkeen tuotantoa on solutettu. (1, s. 65.)

2.4 Solulayout

Solulayout (kuva 5) muodostaa itsenäisen ryhmän eri työpaikoista ja koneista. Layout on erikoistunut tiettyjen osien valmistamiseen ja työvaiheiden suorittamiseen. Kyseessä on välimuoto tuotantolinjasta ja funktionaalisesta layoutista. (3, s. 477.) Koneet on siirretty osastoittain kunkin työvaiheen ympärille siten, että ne muodostavat työvaiheessa tarvittavien koneiden kokonaisuuden. (1, s. 65.)



KUVA 5. Solulayout (3, s. 478)

Tuotanto on organisoitu tuotteen mahdollisimman nopean ja suoraviivaisen tekemisen ympärille, jolloin kuljetusmatkat eli hukkaliike minimoidaan ja solujen läpäisyajat ovat huomattavan lyhyet. Solulayout myös vähentää keskeneräistä tuotantoa ja yksinkertaistaa ohjausta. Solulayoutissa koko tuotevalikoimaa ei valmisteta jatkuvasti, vaan kukin työvaihe imee materiaalia edelliseltä vaiheelta. Siten välivarastoja ei tuotannossa synny ja materiaalivirta on selkeää. (1, s. 65–66.) Tuotteesta toiseen siirryttäessä asetusajat ovat joustavalla tuotantoketjulla lyhyet. Tuotteiden tuotantomäärät ja eräkoot voivat layoutissa vaihdella paljon, sillä tuotteita valmistetaan yksittäiskappaleina tai pieninä sarjoina. (3, s. 478.)

Yhden kuormituspisteen ansioista solun tuotannonohjaus on helppoa. Samalla alueella eri valmistusvaiheiden suorittaminen peräkkäin helpottaa laadunvalvontaa. Virheiden huomaaminen ja korjaaminen on helppoa. Kuormitusasteet voivat vaihdella huomattavasti eri laitteilla ja koneilla. Solulayout on herkkä kuormitusten vaihteluille ja tuotevalikoiman voimakkaille muutoksille. (3, s. 478.)

Oman tuoteryhmänsä puitteissa solu on joustavampi kuin tuotantolinja ja tehokkaampi kuin funktionaalinen layout, mutta ei mahdollista sellaisen tuotteen valmistamista, jonka vaihejärjestys on suunnitellusta poikkeava. Työntekijöiden motivaatio ja tuottavuus on perusteltu nousevan soluvalmistuksessa. Soluissa työskentelevä ryhmä vastaa tehtäviensä suunnittelusta ja suorittamisesta

itsenäisesti ja työntekijät voivat itse vaikuttaa työnjakoon ja tehtävien vaihtamiseen. (3, s. 478.)

Solulayoutissa hitain työvaihe määrää tuotantotahdin. Tuotannon vauhdittamiseksi työntekijät vähemmän kuormitetuista työvaiheista on saatava apuun. Siksi työntekijöiden on pystyttävä siirtymään sulavasti työpisteestä toiseen sekä pystyttävä seuraamaan muiden työntekijöiden työtilannetta. Nopea siirtyminen mahdollistuu, kun kunkin työpisteen lähellä on useita muita työpisteitä eikä tuotantolinja ole suora vaan esimerkiksi U-kirjaimen muotoinen. (1, s. 66.)

2.5 Layoutin valinta ja suunnittelu

Layouttyyppi valitaan tuotevalikoiman ja tuotettavien määrien perusteella tarvearvioinnilla. Tuotantolinjalayoutia sovelletaan tuotettaessa suuria määriä samanlaisia tuotteita. Funktionaalinen layout on toimivimmillaan, kun valmistetaan pieniä määriä useita erilaisia tuotetyyppejä. Solulayoutia käytetään valmistettaessa eri tuotteita toistuvasti, mutta ei oman tuotantolinjan tarpeisiin asti. Lisäksi tuotantolinjaan verraten soluissa voidaan valmistaa helpommin erilaisia tuotteita. (3, s. 479.)

Tehtaan kokonaislayout muodostuu osalayouteista, jotka voivat vaihdella tuotantoprosessin vaiheiden mukaan. Tuotteet voidaan esimerkiksi kokoonpanna tuotantolinjassa ja osat valmistaa funktionaalisessa- tai solulayoutissa. Funktionaalisesti järjestetyssä konepajassa voidaan organisoida osa valmistuksesta soluiksi. Yhdistelemällä riittävästi erilaisia tuotteita samaan valmistusprosessiin saavutetaan tarkoituksenmukainen tuotanto solun tai tuotantolinjan muodostamiselle. (3, s. 480.)

Layoutsuunnittelun peruslähtökohtana ovat seuraavat tekijät:

1. selvitetään tuotteiden raaka-aineita, komponentteja ja käytettäviä puolivalmisteita kuvaavat rakennetiedot
2. suunnitellaan tuotteen työvaiheet ja niiden järjestys
3. mitoitetaan tuotantokoneisto tuotantomäärien perusteella ja määritellään tuotantomuoto ja -tekniikka
4. laaditaan tuotannon aikajännesuunnitelma eli se, kuinka pitkään tuotanto tulee säilymään suunnittelun mukaisena
5. varmistetaan tukitoiminnot eli selvitetään, mitä valmistusta tukevia toimintoja tarvitaan, esimerkiksi työkaluhuolto, paineilmankehityslaitteisto, jätteiden käsittely ja sosiaalityöt. (3, s. 481.)

Eri layouttien arvioinnissa voidaan käyttää hyötyarvomatriisia. Siinä annetaan painoarvo jokaiselle arvioitavalle tekijälle. Arvostelun perusteella eri ratkaisuvaihtoehdot pisteytetään ja kerrotaan painoarvolla. Painoarvostelun pisteet lasketaan yhteen parhaimman vaihtoehdon arvioimiseksi. (3, s. 481.)

2.6 Suunnittelun tavoitteet

Keskeisenä layoutsuunnittelun tavoitteena on materiaalivirtojen tehokas järjestäminen. Suunnittelussa pyritään minimoimaan osastojen ja työpisteiden väliset kuljetuskerrat ja -matkat. Selkeät materiaalivirrat ovat tuotannonohjauksen ja tuotannon toiminnan kannalta aina edullisimpia. Siksi työpisteet sijoitetaan siten, että materiaalien siirtomatkat ovat mahdollisimman lyhyitä. (3, s. 482.)

Hyvät layoutin ominaisuudet ovat seuraavat:

- selkeät materiaalivirrat
- helposti ja joustavasti muunnettava layout
- siirtotarve materiaaleille pieni
- lyhyet kuljetusmatkat
- erityiset osaamistarpeet vaativat valmistukset keskitetty samaan paikkaan
- sisäisten palvelujen sijoitus käyttöpaikan lähelle
- materiaalin jakelun ja vastaanoton tehokkuus
- erityistarpeet huomioitu eri valmistusvaiheissa

- tilat tehokkaasti käytetty
- työtyytyväisyys ja -turvallisuus huomioitu huolellisesti (3, s. 482).

3 MATERIAALIHALLINTA

3.1 Yleistä

Materiaalihallinnalla tarkoitetaan yrityksen raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja lopputuotteiden hankinnan, varastoinnin ja jakelun hallintaa. Toimitusketjussa yrityksen materiaalivirrat ohjataan kokonaisuudessaan toimittajilta asiakkaille asti.

Toimitusketjua hallitaan suunnittelemalla ja ohjaamalla *tietovirrat*, jolloin tieto loppuasiakkaiden ja varsinaisten tuotannon osapuolten tarpeista tulee kaikkien toimitusketjun osapuolten käyttöön. Tietovirtojen avulla ohjataan *materiaalivirtoja* siten, että oikeat tuotteet olisivat oikeaan aikaan oikeassa paikassa. Tässä prosessissa on keskeinen haaste saada minimoiduksi ketjun varrella olevat varastot. Varastot sitovat pääomaa ja aiheuttavat kustannuksia sekä pidentävät toimitusketjun *läpäisyaikaa*, jolloin toimituskyvyn reagointikyky ja ketteryys hidastuvat. (1, s. 113–115.)

Materiaalikustannusten osuus yrityksen kustannusrakenteessa on kasvanut viime vuosikymmenien aikana. Loppuvarastojen kokoa on pyritty huomattavasti pienentämään yhtäaikaaisesti tilausten toimitusprosessiaikojen lyhentämisen kanssa. Tällaisen ratkaisun toimivuus edellyttää materiaalityötoimintojen tehokasta hallintaa ja organisointia. (3, s. 443.)

3.2 Tavoitteet

Materiaalihallinnan tarkoituksena on tuottaa mahdollisimman paljon arvoa mahdollisimman pienin toimituksen kokonaiskustannuksin. (1, s. 125.) Nämä kaksi keskeistä perustavoitetta voidaan esittää seuraavasti ((3, s. 443–444):

1. **Halutun palvelutason ylläpito.** Materiaali-, puolivalmiste- ja lopputuotevarastojen taso muodostuu tuotteiden toimitusajan pituudesta sekä materiaalien saatavuudesta. Toimintoja kehitetään niin, että varastot pystyvät mieluisalla tavalla palvelemaan sekä omaa tuotantoa että

loppuasiakasta. Materiaalitoimintojen palvelutaso on yksi tärkeimpiä päätösstrategioita.

2. Materiaalihallinnan kokonaiskustannusten minimointi.

Kokonaiskustannukset materiaalihallinnalle muodostuvat seuraavasti:

- ostettavien materiaalien hinta
- ostojen kustannukset
- materiaalin kuljetus, vastaanotto ja tarkastuskustannukset
- varastointikulut
- jakelukulut
- materiaalien virheiden aiheuttamat kulut tuotannossa
- puutekulut
- reklamaatiokulut.

3.3 Varastojen ohjaus

3.3.1 Varastot

Materiaali- ja tuotevarastot ovat välttämättömiä melkein kaikille yrityksille. Varasto tarvitaan toimintakyvyn turvaamiseksi ja tuotantoprosessin eri vaiheiden kytkemiseksi yhtenäiseksi. Toimitusvaatimukset ovat usein lyhyemmät kuin tuotantoprosessin toimintakyky sallii ja puskurivarasto toimii toimituskyvyn varmistajana. Yritys hyödyntää puskurivarastoja palvelutason ja toimituskyvyn ylläpitämiseksi (3, s. 446.) Yritys tarvitsee varmuusvarastoa, jotta tuote ei loppuisi ennakoitua suuremman kysynnän tai täydennystilauksen myöhästymisen vuoksi. (1, s. 123.)

Varastot aiheuttavat yritykselle merkittäviä kustannuksia, sillä niihin sitoutuu paljon pääomaa. Myös varastointi ja materiaalien käsittely muodostavat itsessään kuluja. Monissa prosessi- ja elintarviketeollisuuksissa tuotteiden ikääntyminen vaikuttaa lopputuotteen laatuun. Suurta varastointia on vältettävä lisäksi joidenkin materiaalien jatkuvan hinnanlaskun takia. Varastotasojen pienentäminen laskee varastointikustannuksia, mutta voi nostaa merkittävästi hankinta- ja puutekuluja. Tämän vuoksi varastokulujen minimoiminen on lopputuloksen kannalta ristiriitaista. (3, s. 444–446.)

3.3.2 Varaston suunnittelu

Jotta toimitusketju olisi sujuva ja kysyntään pystyttäisiin vastaamaan, tulee kysyntään pääsääntöisesti varautua huomattavasti ennen kysynnän toteutumista. Tämä luo haasteen kysynnän ja tarjonnan tasapainottamiselle, kun sekä yli- että alivarastointi luo taloudellisen menestyksen kannalta merkittävän riskin. (4, s. 117.) Varastotasojen eli varastojen kokojen suunnittelu on materiaalihallinnon tärkeimpiä tehtäviä ja ne suunnitellaan ja mitoitetaan kokonaissuunnittelun yhteydessä. Varastojen tulee olla riittävän suuret toimituskyvyn ja palvelutason turvaamiseksi, mutta niihin sidottu pääoma pyritään pitämään minimissä. Varastotasoja saadaan tavoitetta tukien pienennettyä menekkitietojen hallinnalla ja suunnittelulla, jolloin tuotteen menekkiennusteet ja varastojen palvelutaso luovat lähtökohdan varastojen suunnittelulle. (3, s. 446–450.)

Tuotteen menekki on riippumatonta kysyntää, joka syntyy asiakkaiden tilauksista. Lopputuotteen osien tarve voidaan tuoterakenteen perusteella johtaa lopputuotteen menekistä, jolloin johdetun tarpeen keskeinen ohjausmenetelmä on tarvelaskenta. Materiaalivaraston koko voidaan valita lopputuotteen tilauskannan ja menekkiennusteiden perusteella määritellyn materiaalimenekin mukaiseksi. Riippumatonta kysyntää ei sen sijaan voida tietää varmaksi, mutta sitä voidaan yrittää ennustaa. (1, s. 121–122.)

Tilauuspisteohjaus on menetelmä, jolla tuotteen vaihteleva kysyntä voidaan huomioida, kun varastotasoa seurataan tulevaisuuteen vähentäen varastosaldosta joko todellisia tai ennustettuja tilauksia. (1, s. 123.) Kokemusperäinen varasto- ja tilauspisteiden määrittely edesauttaa lyhyen toimitusajan saavuttamista. (3, s. 450.)

3.3.3 Varastovalvonta

Toiminnanohjauksen kannalta tärkeä perusrutiini on varastovalvonta. Varastosaldon suuruus on toiminnanohjauksen suunnittelun ja päätöksentekotilanteen keskeinen lähtötieto. Materiaalin hankinta, tuotantoerien suunnittelu ja toimitusaikojen määrittely perustuvat olennaisesti varastosaldoon.

Ongelmat varastovalvonnassa voivat hankaloittaa toiminnanohjausta ja saavat aikaan lisäkustannuksia. (3, s. 450.)

3.4 Hankintojen logistiikan hallinta

Oikeat ja täsmälliset toimitukset mahdollisimman pienin kokonaiskustannuksin edellyttää hankintojen logistiikan ohjausta. Keskeisin keino hankintojen logistiikan hallinnassa on laadukkaan tarveinformaation tuottaminen ja sen nopea ja oikea-aikainen välittäminen toimittajille. Logistiikan varmistamiseksi ostajan ja toimittajan välisissä vuosisopimuksissa tulisi määritellä keskeiset yhteiset pelisäännöt esimerkiksi toimitusajalle ja -varmuudelle. (1, s. 98.)

Hankinnat suunnitellaan pitkän aikavälin kysyntäennusteiden mukaan, jolloin sekä ostaja että toimittaja pystyvät varautumaan hankintojen toteuttamiseen ja varmistamiseen varaamalla kapasiteettia ja hankkimalla pitkän aikavälin komponentteja valmiiksi. Kuitenkin myös ennakkosuunnitelmasta poikkeamiseen tulee varautua, mikä onnistuu parhaiten ennakkovirheiden mittaamisella ja seuraamisella. Tiedon tulisi perustua mahdollisimman pitkälle todelliseen kysyntään ja tieto tulisi välittää mahdollisimman nopeasti verkon kaikille toimijoille. Hankintojen suunnittelun pohjana on ostajayrityksen kyky suunnitella ja ohjata omaa tuotantoaan sekä nopean tiedonkulun toteuttaminen. Tiedon nopeaan välittämiseen on tarkoituksenmukaisinta käyttää standardisoitua sähköistä järjestelmää. (1, s. 98–100.)

Hankinnat voidaan suunnitella jakamalla ostajan tekemät tilaukset kiinteään jaksoon, muuttuvaan jaksoon ja ennustejaksoon. Ennustejakso on jaksoista kaikista pisin ajanjakso, joka ei sido toimijoita. Kiinteä jakso on toimijoita sitova lyhyen aikavälin toimitusohjelma, johon ei enää tule muutoksia. Muuttuva jakso on keskipitkän aikavälin toimitusohjelma, joka voi viedä muuttua, mutta jonka osalta voidaan sopia, kuinka paljon lopulliset tilausmäärät voivat enintään poiketa ennusteesta. Tällä tavoin sekä ostaja että toimittaja pystyvät mahdollisimman täsmällisesti ja varmasti varautumaan hankintojen toimittamiseen. (1, s. 99.)

4 LEANIN MENETELMÄT

4.1 Määritelmä

Lean on tuottavuuden parantamiseksi tarkoitettu ajattelumalli, jonka tarkoituksena on eliminoida seitsemän tuottamatonta toimintoa yrityksessä. Kyseiset seitsemän kohtaa ovat leanin mallissa varastot, liike, odotusaika, ylituotanto, viallinen tuote, yliprosessointi ja kuljetukset. (5, s. 6.)

Toimintamalli näkyy erityisesti organisoinnissa ja jatkuvassa kehitystyössä. Yrityskulttuuri ja henkilöstön osallistuminen kehityshankkeisiin ovat voimakkaasti sidoksissa lean-filosofiaan. Mallissa kehitetään toimintaa siellä, missä asiakkaan saama arvo todellisuudessa syntyy. Leanin toimintamallilla pyritään yksinkertaisesti luomaan toimintaan tarkoituksenmukaisuutta, järkevyyttä sekä täsmällisyyttä asiakasnäkökulmaan. (5, s. 6.)

Keskeisimpiä toiminnan asioita on laatuajattelu, jolloin tehdään kaikki mahdollinen tuotteen ja toiminnan varmistamiseksi. Laatuvastuu tuotteesta kuuluu yrityksen jokaiselle työntekijälle. (5, s. 6.)

4.2 Hukan eliminointi

Leanin menetelmän periaatteen ydin pohjautuu hukan eliminoimiseen. Tuotannosta on tärkeintä oppia kartoittamaan eri toiminnot, jotka lisäävät tuotteen arvoa, sekä samalla pääsemään eroon arvoa tuottamattomasta toiminnasta. Leanin menetelmiä sovellettaessa tutkitaan valmistusprosessia asiakkaan näkökulmasta. Aluksi kysytään: ”Mitä asiakas haluaisi tästä prosessista?” Asiakas voi olla tuotannon sisäinen asiakas esimerkiksi kokoonpanon seuraavassa vaiheessa tai täysin ulkoinen, lopullinen asiakas. (6, s. 27.)

Ylituotanto

Ylituotanto on tilaamattomien osien valmistamista. Ylituotannon vuoksi joudutaan palkkaamaan tarpeettomasti henkilökuntaa. Siitä aiheutuu myös tarpeettomia varastointi- ja kuljetuskustannuksia. (6, s. 28.)

Odottelu

Työntekijät joutuvat odottelemaan seuraavaa käsittelyvaihetta, työkalua tai myöhästynyttä toimitusta tai vain seuraavat automatisoitua konetta. Myöskään heillä ei ole tekemistä esimerkiksi varaston loppumisen, koneiden hajoamisen tai kapasiteetin pullonkaulojen vuoksi. (6, s. 28.)

Tarpeeton kuljettelu

Tarpeetonta kuljettelu on keskeneräisen työn kuljettaminen liian pitkän matkan. Kuljetukset ovat tehottomia. Lisäksi materiaaleja ja osia siirrellään varastoon, varastosta tai prosessista toiseen. (6, s. 29.)

Ylikäsittely tai virheellinen käsittely

Tarpeettomien työvaiheiden suorittaminen osia käsiteltäessä on ylikäsittelyä. Käsittelyn tehottomuus seuraa tuotannonsuunnittelusta tai huonosta työkalusta. Siitä aiheutuu tarpeetonta liikkumista ja virheitä tuotteeseen. Hukkaa syntyy myös, kun tuotetaan laadukkaampia tuotteita kuin on tarve. (6, s. 29.)

Tarpeettomat varastot

Ylisuuret varastot sisältävät liikaa raakamateriaalia tai keskeneräisiä tai valmiita tuotteita. Tästä seuraa pidentyneitä läpimenoaikoja, kuljetus- ja varastokustannuksia, vahingoittuneita tuotteita, vanhentuneisuutta ja viivettä. Lisäksi liian suuret varastot kätkevät ongelmia, kuten tuotannon epätasapainoisuus, myöhästyneet toimitukset alihankkijoilta, viat, tuotannon pysähdys ja pitkät asennusajat. (6, s. 29.)

Tarpeeton liikkuminen

Kaikki turha liike, jota työntekijä joutuu suorittamaan työn aikana, kuten työkalujen ja osien kurkottelu ja niputtaminen, on tarpeetonta liikkumista. Myös kävely on aina hukkaa. (6, s. 29.)

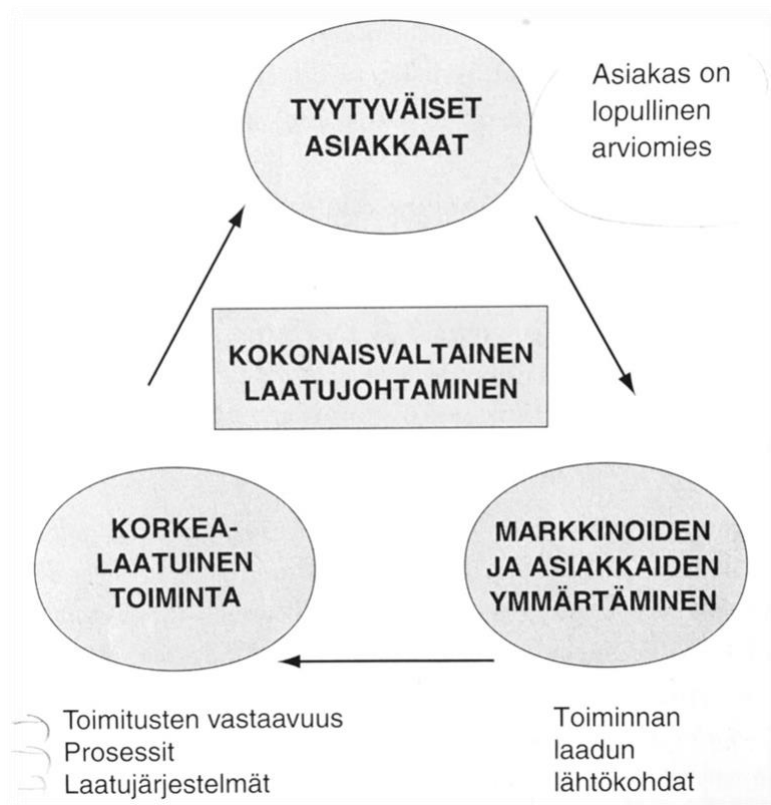
Viat

Viallisten osien tuottaminen ja niiden korjaaminen tuovat tuotantoon ongelmia. Uudelleen käsittelyt, pois heittäminen, täydennysosan tuottaminen ja tarkastus tarkoittavat tarpeetonta käsittelyä, hukattua aikaa ja turhaa työtä. (6, s. 29.)

4.3 Laadunhallinta

Tasalaatu ja vaihtelun pienentäminen ovat yksi leanin mukaisista tavoitteista. Laadulle on annettava laajempi merkitys toiminnan kehittämisen kannalta. Laadunvarmistuksen avulla pyritään koordinoimaan koko yrityksen toimintaa ja laatua järjestelmällisesti. Järjestelmän rakentamisen tarkoituksena on päästä ennaltaehkäisemään laatuvirheitä ja kustannuksia. Asiakkaiden tarpeet ovat laatutoiminnan perusta. Tuotteiden laadun lisäksi täytyy tarkastella koko prosessin laatua. Yrityksen sidosryhmät, kuten toimittaja, yhteistyökumppanit, asiakkaat, omistajat ja loppujen lopuksi koko ympäröivä yhteiskunta kuuluu laadukkaaseen konseptiin. (7, s. 17–18.)

Korkean laadun edellytykseksi ei riitä toiminnan tehokkuus ja virheettömyys, vaan tarvitaan ulkopuolinen arvioija eli asiakkaan näkemys tuotteesta. Laadulla tarkoitetaan yleisesti asiakkaan tarpeiden täyttäminen. Kuvassa 6 on selkeä kaavio asiakkaan ja laadun välisestä kierrosta. Jatkuva parantaminen liittyy myös laatuun, koska suoritustasoa on tarve nostaa niin nopeasti kuin kehitys vain sallii. (7, s. 18–19.)



KUVA 6. Kokonaisvaltainen laadunhallinta (7, s. 19)

Laatua määrittelee myös se, ettei virheitä yksinkertaisesti tehdä. Kaikki vaiheet tehdään oikein heti ensimmäisellä kerralla ja jokainen kerta. Oikeiden asioiden tekeminen on kokonaislaadun kannalta vielä tärkeämpää kuin virheettömyys. (7, s. 20.)

Tuotteesta voi myös tulla ylilaatuinen eli yrityksen mielestä täydellinen. Kun asiakas mieltää tuotteen ylilaatuiseksi, ei hän silloin ole enää valmis maksamaan siitä. (7, s. 20.)

Laatuominaisuuden käsitteet tarkoittavat seuraavia (7, s. 20–21):

- *Valmistuslaatu* on valmistusprosessiin keskittyvä laatu, joka varmistaa tuotteiden valmistuksen määrätysti. Virheet pyritään välttämään ennakoimalla ja prosessia kehittämällä.
- *Tuotelaatu* on suunnittelun osuus laadun merkityksessä, joka määritellään jo suunnitteluvaiheessa.

- *Arvolaatu* on parhaimman kustannus-hyötysuhteen antava tuote eli paras arvo sijoitetulle pääomalle.
- *Kilpailulaatu* saadaan, kun laatu todetaan riittäväksi ja se on ainakin yhtä hyvä, kuin kilpailijoilla. Tätä parempi laatu omaksutaan ylilaatuiseksi ja resurssien tuhlaamiseksi.
- *Asiakaslaatu* on tarpeet tyydyttävä laatu asiakkaan näkökulmasta. Loppukäyttäjä ei vaadi parempaa laatua.
- *Ympäristölaatu* on ympäristön ja yhteiskunnan kannalta mitattu laatu. Suunnittelussa on mietitty ja huomioitu tuotteen elinkaari.

Lyhyesti valmistuslaatu tulee tuotanto-osastolta ja tuotesuunnittelu määrittää tuotelaadun. Markkinointi vaikuttaa asiakaslaatuun ja talousosaston puolta kiinnostaa arvo- ja kilpailulaatu. Ympäristölaadun merkitys on kasvamassa suuresti. Asiakaslaatu on näistä kaikista merkityksellisin ja pakottaa sovittamaan laatutekijät yhteen. Kilpailuetujen saavuttaminen edellyttää laatukäsitteen laajaa ymmärtämistä. (7, s. 21.)

Tuotteen laadun kahdeksan ulottuvuutta ovat seuraavat (7, s. 21–22):

- suorituskkyky
- erityisominaisuudet
- luotettavuus
- yhdenmukaisuus
- kestävyys
- huollettavuus
- esteettisyys
- koettu laatu

4.4 5S-menetelmä

Lean-toiminnan lähtökohtana on, että tuottavaa ja laadukasta työtä voidaan tehdä siistissä ympäristössä. 5S on käytännönläheinen työkalu, jolla saadaan järjestelmällisyyttä siisteyden ja järjestyksen ylläpidosta tuotantolinjojen

työpisteillä. 5S:n avulla pyritään kehittämään työnteon kurinalaisuutta ja systemaattisuutta. (5, s. 26.)

5S-menetelmä perustuu japanin sanoista tulevaan viiteen s-kirjaimeen, jotka edistävät siisteyttä ja järjestystä:

- **Seiri** (lajittele)
- **Seiton** (järjestä)
- **Seiso** (puhdistusta ja huolla)
- **Seiketsu** (vakiinnuta toimenpiteet)
- **Shitssuke** (ylläpidä) (5, s. 26).

5S:n hyödyt ovat seuraavat:

- parantaa turvallisuutta
- ylläpitää työpisteen järjestystä ja vähentää työvälineiden etsimisen aiheuttamaa turhautumista
- helpottaa työn tekemistä työvälineiden tarkoituksenmukaisen organisoinnin myötä
- siisteys ja täsmällisyys tukevat lean-kulttuurin muodostumista
- tuotantovälineiden valvonta ja seuranta tehostuvat. (5, s. 26.)

5S ei ole pelkkä siivoukseen perustuva malli, vaan se on osa koko lean-ajattelua. Tehokas toiminta, hukkien tunnistaminen ja poistaminen mahdollistuvat vain siistissä ympäristössä. (5, s. 27.) Mallin avulla pyritään eliminoimaan hukkaa, joka aiheuttaa virheitä, vikoja ja vahinkoja työpaikalla. 5S luo työympäristöön jatkuvan parannusprosessin, jossa kaikki päivittäin toimiminen ja lisäarvoa tuottavan työn suorittaminen on keskeistä. Tarvittavat välineet ovat helposti saatavilla ja harvoin käytettävät esineet merkataan ja siirretään työskentelyalueen ulkopuolelle. (6, s. 150.)

Seuraavat esitetyt 5S kohdat on lueteltu siten, että vasemmalta oikealle ensimmäinen termi on suomenkielinen, toinen on englanninkielinen ja viimeinen tulee japanin kielestä:

1. Lajittele

Sort

Seiri

Poistetaan työpaikalta tarpeettomat tavarat ja lajitellaan (kuva 7). Tällä toiminnalla vapautetaan tilaa ja poistetaan rikkoontuneita tai tarpeettomia työkaluja, joita säilytetään vain siltä varalta, että joku niitä joskus tarvitsisi. (8.)



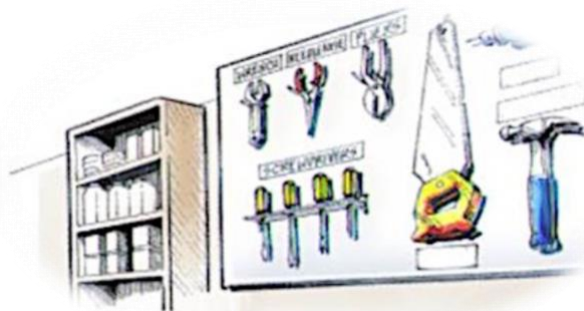
KUVA 7. Lajittelu (9)

2. Systematisointi

Set in Order

Seiton

Pyritään löytämään hyviä varastointimenetelmiä systematisoinnin avulla (kuva 8). Näitä voi olla esimerkiksi lattioiden maalaus, työpisteiden ja muiden alueiden rajaaminen, selkeät ja tyhjät käytävät, erilaiset säilytysmenetelmät ja roskakorit. Näiden lisäksi asioille merkitään nimilaput värikoodit ja paikkojen merkinnät sekä erilaiset kyltit. (8.)



KUVA 8. Systematisointi (9)

3. Siivous

Shine

Seiso

Ylläpidetään siisteyttä koko työpaikalla ja työpisteellä siivoamalla tietyt osa-alueet päivittäin (kuva 9). (8.)



KUVA 9. Siivous (9)

4. Standardisointi

Standardize

Seiketsu

Standardisoidaan työpaikan parhaat käytännöt (kuva 10) yhdessä työntekijöiden kanssa. Esimerkiksi työpisteeseen kuuluvat työkalut, kuinka usein jätteet vietään pois, siivousaikataulu ja käytävien paikat. (8.)



KUVA 10. Standardisointi (9)

5. Seuranta

Sustain

Shitsuke

Kun tarpeettomat tavarat on poistettu ja niiden säilytyspaikoista on sovittu, pidetään huolta siitä, että sovittuja menetelmiä noudatetaan jatkuvasti (kuva 11). (8.)



KUVA 11. Seuranta (9)

4.5 Jatkuva parantaminen

Leanin mukaan standardisointi on jatkuvan parantamisen ja laadun perusta. Standardisoinnista on monella johtajallakin se harhakäsitys, että etsitään mahdollisimman paras tehtävän tekotapa ja pysytään siinä muuttamatta mitään. Jatkuva kehittyminen edellyttää, että on opittu vakiinnuttamaan perusteellisen tavan ja sen perustaidot. Standardisoitu työ edesauttaa työnvaiheen tekemisen oikeaoppisesti. Kun vikoja ilmenee, täytyy standardeja muuttaa, jotta saadaan työvaihe tuottamaan laatua. Kaikkien laatumenetelmien täytyy olla käytännöllisiä ja hyvin yksinkertaisia työntekijän toteutettaviksi päivittäin. (6, s. 142–143.)

4.6 Jatkuva prosessin virtaus

Hyvä aloitus monen yrityksen Leanin käyttöön on luoda jatkuva virtaus (flow) sen ydinprosessiin tai palveluun. Raaka-aineista valmiisiin hyödykkeisiin tai palveluihin johtavaa työtä kutsutaan virtaukseksi. Kuluvan ajan jatkuva lyhentäminen tuottaa aina jatkuvampaa virtausta. Useimmissa prosesseissa on 90 % hukkatyötä ja vain 10 % lisäarvoa tuottavaa työtä (6, s. 87–88.)

Prosessissa kuluvan ajan lyhentäminen johtaa laatuun, lyhyempään toimitusaikaan ja pienempiin kustannuksiin. Virtaus myös pakottaa puskureita ja varastoja pienentämällä muiden lean-työkalujen käyttöönoton, kuten sisäänrakennetun laadun ja ennaltaehkäisevän huollon. (6, s. 88.)

Virtaus tarkoittaa kokonaisuudessaan esimerkiksi sitä, kun asiakas tekee tilauksen, käynnistyy prosessi, joka käsittelee juuri asiakkaan tilauksen vaatiman määrän raaka-aineita. Seuraavaksi raaka-aineet etenevät välittömästi tehtaalte, jossa työntekijät kokoavat tilauksen. Asiakas saa valmiin tuotteen välittömästi kokoamisen jälkeen. Tämän koko prosessin pitäisi kestää useiden viikkojen sijasta muutaman päivän. (6, s. 90.)

Jatkuvan virtauksen aikana sekä sen avulla toimija saadaan kannustettua myös muiden lean-työkalujen käyttöön. Se kannustaa esimerkiksi sisäänrakennetun laadun (jidoka) ja ennaltaehkäisevän huollon käyttöönottoon, kun tuotannon jatkuva virtaus halutaan säilyttää. Pitkän toimitusajan muodostumisella ja laadulla on hyvin vähän tekemistä keskenään. Viiveet johtuvat kömpelöstä valmistusprosessista, jossa tavara tehdään aina jonoon. Suuret materiaalierät lojuvat tuotantoprosessissa jonossa ja odottavat hukka-aikaa, ennen kuin ne siirretään seuraavaan vaiheeseen. Lean-ympäristössä tavoitteena on luoda yksiosainen virtaus karsimalla työvaiheissa tuhlettua lisäarvoa tuottamatonta aikaa ja vaivaa. (6, s. 88.)

Yksiosainen virtaus on lähes mahdoton toteuttaa. Luettelini hukan eliminoinnin kahdeksan lisäarvoa tuottamatonta hukkatyyppiä tämän luvun kohdassa 5.2. Jatkuvan virtauksen prosessissa näitä tekijöitä pyritään paremman virtauksen saavuttamiseksi poistamaan. (6, s. 88–89.) Virtauksen saavuttaminen vaatii pitkäjänteisyyttä ja sille on annettava aikaa kehittyä. Puskurivarastot käytetään tehokkaasti silloin, kun jatkuva virtauksen järjestäminen ei ole yritykselle mahdollinen. Virtauksen tehokkuus yksiosaisessa tuotannossa antaa suunnan, jota kohti tulisi pyrkiä. (6, s.88.)

Yksiosaisella virtauksella saavutettuja hyötyjä ovat (6, s. 95–96):

- tuottavuuden parantuminen
- tuotannon joustavuus
- parantunut laatu
- lattiatilan vapautuminen
- varastokustannuksien pieneneminen
- turvallisuuden parantuminen

- työmoraalin nousu.

5 STAATTINEN SÄHKÖNPURKAUTUMINEN KOKOONPANOSSA

Weela-laitteen kokoonpanon aikana työntekijä käsittelee staattisesti sähkövarauksellisia komponentteja ja osia. Tässä luvussa kerrotaan, missä ja miten staattinen varaus voi muodostua, ja millä tavoin staattinen varaus puretaan hallitusti ja vaarattomasti käsiteltäessä elektronisia osia tuotantotilassa.

ESD tulee englannin kielen sanoista electrostatic discharge eli staattisen sähköön purkaus. Kyseessä on sähkövarauksen purkautumisilmiö. Jokapäiväisessä ympäristössä esineet ja kehomme keräävät staattisia sähkövarauksia. Kun kehomme on varautunut ja varaustilassa olevaa esinettä kosketetaan, varaus siirtyy äkillisenä purkauksena ja tapahtuu sähköstaattinen purkaus. Elektronisen laitteen purkautuminen voi tuhota sen toimimattomaksi. (10, s. 1.)

5.1 Varauksen muodostuminen

Staattinen varautuminen tapahtuu, kun aineeseen tai kappaleeseen muodostuu varausylimäärä, joka aiheuttaa jännitteen muihin kappaleisiin, aineisiin tai maahan nähden. Elektronit siirtyvät eri aineiden atomien välillä. Elektronien siirtyminen aiheuttaa sähköisen epätasapainotilan, jonka seurauksena aine voi jäädä positiivisesti tai negatiivisesti varautuneeksi. Staattinen varautuminen tapahtuu aineiden tai kappaleiden välisessä kosketuksessa ja irtoamisessa. Sähkövarauksen suuruus riippuu sähköjohtokyvystä ja irtoamisnopeudesta. Ulkoinen sähkökenttä tai johtuminen voi myös aiheuttaa varautumisen synnyn. Johtavassa aineessa varaus purkautuu helposti sille tarkoitetun maadoituksen kautta. Varaus ei pääse liikkumaan eristemateriaalissa yhtä helposti. (11, s. 4–5.)

Esimerkkejä tyypillisistä staattisen varauksen kohteista (11, s. 6):

- nesteiden pumppaukset ja siirrot putkistossa
- jauhatus ja seulonta
- suodatus
- jauheiden pneumaattiset siirrot
- reaktoreiden panostukset

- pölynpoistot
- ilmastoinnit
- näytteenotot.

Kiinteiden kappaleiden varautuminen on sitä suurempi, mitä läheisempi kontakti ja muodostunut kitka on. Pintaresistiivisyyden suuruus eli kyky vastustaa sähkövirran kulkua, vaikuttaa varauksen kertymiseen positiivisesti. Suuren energiamäärän vapautuminen yhtenä kipinästä voi aiheuttaa syttymisvaaran. Nesteet varautuvat nesteen ja sen kanssa kosketuksessa olevan kiinteän aineen kanssa. Jauheet varautuvat ollessaan kosketuksessa erilaisten pintojen kanssa. Varautuminen tapahtuu kaatamisessa, sekoituksessa ja seulonnassa. Kaasut varautuvat vain, jos seos on epäpuhtas. Joukossa olevat nestepisarot tai kiinteät hiukkaset saavat varauksen. Ihmisen varautuminen tapahtuu liikkeen ja vaatetuksen vaikutuksesta. Maasta eristettyyn ihmiseen muodostunut varaus ei pääse purkautumaan, vaan kasvaa aina ihmisen kävellessä. (11, s. 8–14.)

5.2 Varauksen hallittu purkautuminen

Ihannetilanne on, kun muodostunut staattisen sähköön varaus pääsee purkautumaan hallitusti kaiken aikaa, eikä varausta pääse syntymään. Tehokkain keino on sähköä johtavien osien liittäminen toisiinsa ja yhdistäminen maahan. Staattinen varaus voidaan ionisaattorien avulla neutralisoida ilmaa paikallisesti johtavaksi. (11, s. 18.)

Hallitsemattoman purkauksen aiheuttamat vaarat ja haitat ovat seuraavat (11, s. 30):

- kaasujen, höyryjen tai jauheiden räjähdys tai syttyminen
- prosessi- tai mittalaitteiden elektroniikkakomponenttien häiriintyminen
- prosessien toimintahäiriöt ja käytettävyyden heikkeneminen
- sähköiskun aiheuttamasta säikähtämisestä aiheutuvat vahingot
- tulipalo.

5.3 Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi

Vaarojen tunnistaminen ja niihin liittyvien riskien arvioiminen on tärkeä osa riskienhallintaa. Staattisen sähköön muodostumisessa sen kertymisestä ja purkautumisesta ei aina ilmene vaaraa tai ongelmia. Riskien arvioimiseksi on kuitenkin selvitettävä, missä tilanteissa ja olosuhteissa vaaratilanteen edellytykset ovat olemassa. (11, s. 40.)

Häiriön ja onnettomuuden mahdollisuuksia sekä niiden syitä voidaan tunnistaa riskianalyysin avulla, joten seurausten vakavuutta täytyy arvioida ja etsiä parannusvaihtoehtoja. Staattiseen sähköön liittyvien vaarojen tunnistamiseen on kehitetty oma riskianalyysimenetelmä STARA. (11, s. 43.)

STARA-analyysin avulla voidaan tarkastella sähköön liittyviä vaaratekijöitä prosessien suunnittelu- ja käyttövaiheissa. Analyysissä otetaan huomioon aineet, laitteistot, laitteet, henkilöt ja pakkaukset, eli lähes kaikki joilla voi olla vaikutusta staattisen sähköön kertymiseen ja sen purkautumiseen. Tavoitteena on tunnistaa kohdat ja vaiheet, joissa purkautuminen on mahdollista. Tarkasteltavaksi kohteeksi otetaan se osa, jossa vaaratilanteet voivat olla mahdollisia. Informaatio esitetään kohteista, joissa purkautuminen voi aiheuttaa häiriö- tai vaaratilanteita. (11, s. 45.)

5.4 Työntekijä ESD-suojatussa tilassa

Yleensä staattisen sähköön purkaukset eivät aiheuta vaaraa työntekijöille, mutta siltä suojautuminen vaatetuksen avulla on tarpeellista (11, s. 47). Työntekijän varautumisen maadoitukseen käytetään puolijohtavia jalkineita, lattiaa tai ranneketta. Suojautumiseen voidaan vaikuttaa myös työtuolin, työtason ja lattian materiaalilla. (11, s. 51.) Työntekijä voi omalla toiminnallaan ohjeistuksia noudattamalla välttää riskitekijöitä esimerkiksi oman itsensä maadoituksen avulla. (11, s. 49.)

Varokeinoja syttymisriskin pienentämiseksi ovat (11, s. 66)

- metalliosien maadoittaminen
- varautuvien materiaalien välttäminen

- ilmankosteus
- ilman ionisointi
- siisteys.

6 ALKUTILANNE

6.1 Työn tavoitteet ja rajaukset

Toimeksiantajayrityksellä oli tarve saada kuntoilulaitteen tuotantoon tehokas ja toimiva layout rajaamalleen tuotantoalueelleen. Tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa tilat tuotantovalmiiksi yrityksen määräämään tuotantotahtiin. Erilaisten menetelmien käyttö, erityisesti lean-ajattelu, huomioidaan tuotannon suunnittelussa ja järjestelyssä.

Yrityksen strategisia lähtökohtia ovat alhaiset valmistuskustannukset, järjestys, laadun varmistus ja joustava tuotanto. Tuotannon yksittäiset vaiheet ovat helpompia toteuttaa käytännössä, kun jokaiselle työvaiheelle on selkeät työpisteet ja työkalut. Laadun varmistus jokaisessa työvaiheessa tuo lopputuotteeseen virheettömyyttä ja luotettavuutta. Lähtökohtaisena tavoitteena on, että tuotannon kaikki työvaiheet voisi tehdä yksi henkilö. Tämä työntekijä pystyisi tekemään jokaisia osavaiheita valmiiksi käyttäen niitä itse kokoonpanon seuraavissa vaiheissa.

Tuotantokokonaisuuden kokoonpanovaiheet ovat alkutilanteessa selvillä. Lopullinen layout muodostuu, kun nämä työvaiheet uudelleen järjestellään joustavaksi ja tehokkaaksi kokonaisuudeksi. Yksittäisiä työvaiheita toivotaan kehitettävän layoutin suunnittelun yhteydessä sujuvan kokonaisuuden luomiseksi. Tuotantokapasiteetin vaatimukseksi määritellään yhden laitteen tuntivauhti.

6.2 Tuotantotila ja tilankäyttö

Tuotantotiloissa valmistetaan eri toimittajilta tulevista osista Weela-kuntoilulaitetta. Tuotanto on pääasiallisesti kokoonpanoa, jossa erilliset osat on tilattu alihankkijoilta. Yrityksen tiloista on tässä työssä rajattu ulkopuolelle tuotantotila, jossa laitteen ohjelmoitava elektroniikka rakennetaan ulkopuolisen yrittäjän toimesta alihankintatyönä. Alihankintatyönä tuotettu ohjelmoitava

elektroniikka on Weela-kuntoilulaitteen keskeinen osa, sillä koko lopullinen tuote valmistuu elektroniikan ympärille. Ohjelmoitu elektroniikka ohjaa tuotteen pääkomponenttina toimivaa sähkömoottoria, joka tuottaa laitteen vastuksen. Kyseisen elektroniikan tuotannonsuunnittelu rajautuu tämän työn mukaisen tuotannonsuunnittelun ulkopuolelle.

Suunnitteluprojekti aloitettiin tilojen pohjakuvan perusteella sekä fyysisten mittojen mittaamisella. Tuotantotiloiksi rajautuu liitteen 2 mukaisesti huoneistot 58 m^2 ja 88 m^2 eli yhteensä 146 m^2 . Tilat ovat käytettävissä kokoonpanoon, testaukseen, pakkaamiseen ja kokoonpano-osien sekä valmiin tuotteen varastointiin. Tilojen hahmottuessa hienomekaaninen kokoonpanotyö päätettiin $58\text{ m}^2:n$ kokoisessa, toimistotilojen viereisessä huoneessa, jota kutsutaan tässä työssä nimellä Tuotantotila 1. Alustan kokoonpano, pakkaus ja varastointi siirtyivät siis kokonaan jälkimmäiseen, suurempaan $88\text{ m}^2:n$ kokoiseen huoneeseen, josta käytetään nimeä Tuotantotila 2. Tuotantotilan 2 yhteydessä oleva pieni $13,5\text{ m}^2:n$ kokoinen huone, josta käytetään nimitystä Tuotantotila 3, määriteltiin ohjelmoitavan elektroniikan alikokoonpanon valmistukseen ja siten varsinaisen tämän työn mukaisen tuotannonsuunnittelun ulkopuolelle.

7 WEELAN KOKOONPANO

7.1 Kokoonpano pääpiirteittäin

Kuntoilulaitteen kokoonpanossa (kuva 12) kootaan alumiiniputken sisään menevät hienomekaaniset laitteistot sekä sähkömoottorin ympärille kiinnitettävä elektroniikka ja äly (kuva 12, kohta 1) kokonaisuudessaan. Vanerialustaan kiinnitetään ns. korvakot, joihin laite itsessään kiinnittyy. Lisäksi alustaan kiinnitetään Weelan liikuttelun mahdollistava rullapyörä (kuva 12, kohta 2). Lopuksi käyttövalmis putki kiinnitetään vaneri-alustaan. (kuva 12, kohta 3).



Sisältö salattu

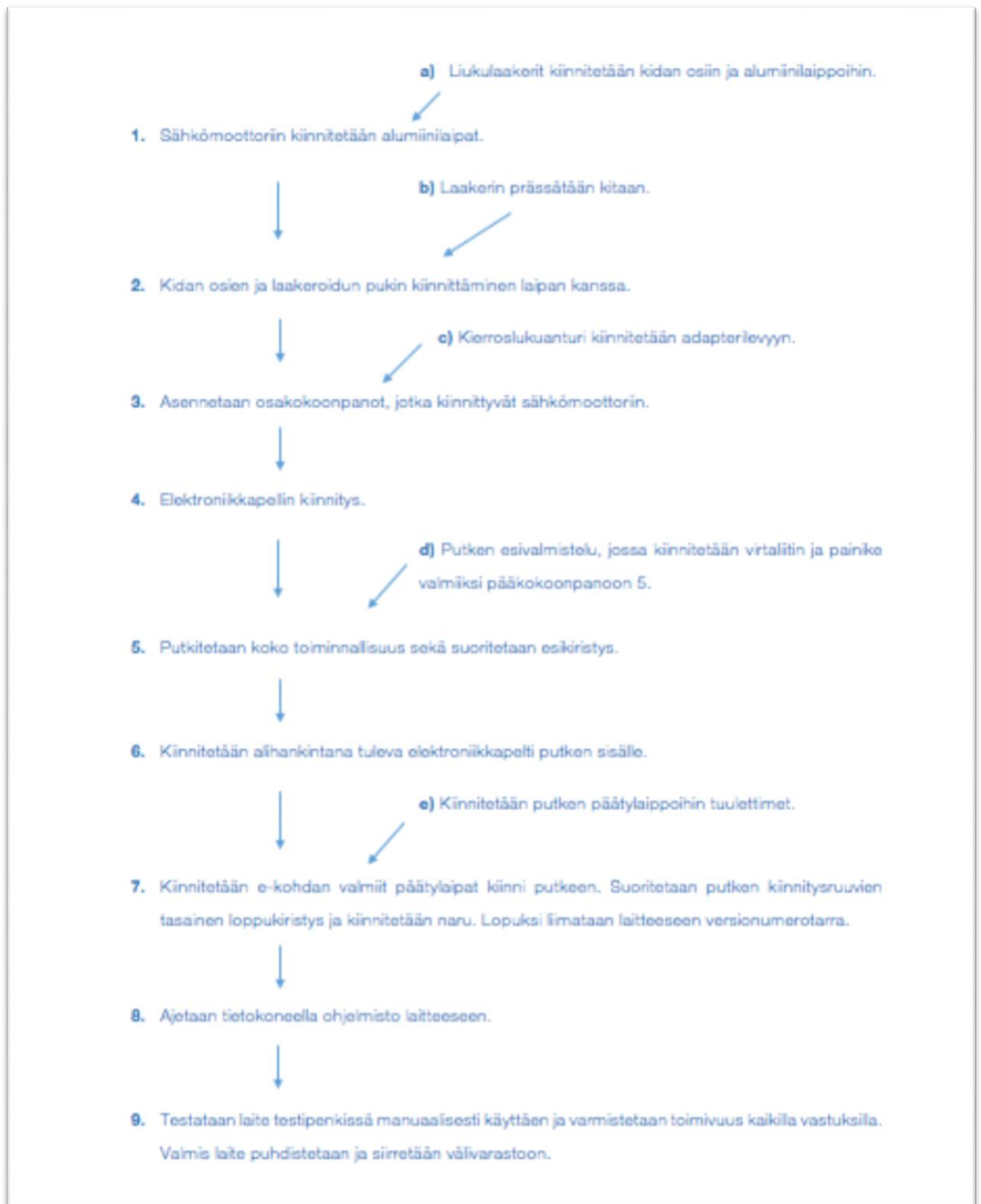
KUVA 12. Kokoonpanon pääkohdat (12)

7.2 Hienomekaanisen osakokoonpanotyön suunniteltu järjestys

Tuotannonsuunnittelun perustana toimii tuotannonsuunnittelun kohde eli Weela-kuntoilulaitteen tuotanto. Laitteen tuotanto käsittää kokoonpanon eli sen, kuinka erillisistä osista vaihe vaiheelta kootaan lopputuote. Kokoonpano on suunniteltu jo itse laitteen suunnittelun yhteydessä. Toimeksiantajan pyynnöstä vaiheistan tässä työssä kokoonpanon selkeästi eritellen jokaisen työvaiheen. Selkeän kokoonpanovaihejaottelun kautta voidaan laatia sekä yleinen että jokaiselle työpisteelle erillinen laminoitava työohje. Tässä luvussa esitellään kokoonpanon työvaiheet sekä kokoonpanojärjestyksen kokoonpanokaavion muodossa. Kyseinen kokoonpanovaiheistus on riippumaton tuotantotilalle suunniteltavasta ja valittavasta layoutista. Käytännössä layoutin tehtävä on sijoittaa nämä kokoonpanovaiheet tavoitteiden kannalta tarkoituksenmukaisella avalla. Kappaleessa 7.2 tuotantotilat on jaettu layoutista riippumattomasti siten, että hienomekaaninen kokoonpano toteutetaan tuotantotilassa 1.

Hienomekaanisen osuuden työvaiheet tilassa Tuotantotila 1 (liite 2) jakautuvat kahteen eri linjastoon: pääkokoonpanoon ja siihen liittyviin osakokoonpanoihin. Pääkokoonpanon vaiheet esitän jäljempänä numeroilla (1–8) ja osakokoonpanovaiheet aakkosilla (a–e). Kokoonpanossa linjastot toimivat siten, että osavaiheen tuotos siirtyy hyödynnettäväksi pääkokoonpanoon. Pääkokoonpano voidaan suorittaa vain, kun kyseistä vaihetta edeltävät osavaiheet sekä numeroin että aakkosin merkityt ovat suoritettu. Nuolet kuvastavat kokoonpanovaihekaaviossa osatuotteen siirtymistä kokoonpanovaiheesta toiseen. (Kuva 13.)

Liitteen 2 pohjakuvaan esitetyt Tuotantotilan 1 osakokoonpanovaiheet ovat seuraavat. (Kuva 13.)



KUVA 13. Tuotantotila 1 osakokoonpanon työvaiheet

7.3 Alustan osakokoonpano

Kappaleessa 7.2 tuotantotilat on jaettu layoutista riippumattomasti siten, että alustan kokoonpano toteutetaan tilassa Tuotantotila 2 (liite 2). Tilassa suoritettavat alustan osakokoonpanon työvaiheet ovat seuraavat. (Kuva 14.)



KUVA 14. Alustan osakokoonpanon työvaiheet

7.4 Kokoonpanon tavoite

Yrityksen tuotannon tavoitteena on, että yksi henkilö pystyy toimimaan ja valmistamaan tuotteen alusta loppuun. Tahtiaikatavoitteena on yksi tunti laitetta kohden, jolloin yksi työntekijä pääsee seitsemän laitteen päivänopeuteen. Kuukauden tuotostavoitteeksi muodostuu 140 laitetta. Welapro Oy:n alkuperäisestä tuotannosta ei ole mitattua tietoa, koska laitteiden tuotanto on ollut hyvin vähäistä. Laitteita on valmistettu tiettyyn valmiusasteeseen useita kerralla.

8 LAYOUTSUUNNITTELU

8.1 Tuotantomenetelmän valinta

Tuotantomenetelmä valitaan tuotantolaitokselle tuotevalikoiman laajuuden ja tuotettavien määrien perusteella. Tuotantolinjalayoutia sovelletaan tuotettaessa suuria määriä samanlaisia tuotteita. Funktionaalinen layout on parhaimmillaan, kun valmistettavien tuotetyyppien määrä on suuri, mutta tuotantomäärät ovat pienet. Solulayoutia käytetään valmistaessa eri tuotteita toistuvasti, mutta ei kuitenkaan niin paljon, että kannattaisi muodostaa tuotelinja. Soluissa voidaan tuotelinjaa joustavammin valmistaa erityyppisiä tuotteita.

Tuotantolinja ei toimisi suunnitellun tuotantokapasiteetin ja työntekijämäärän takia. Se vaatisi aina jokaiselle työvaiheelle oman työntekijän sekä suuremman volyymin. Funktionaalinen layout ei sovi tilanteeseen, koska jokainen työvaihe on sidonnainen työpisteen työkaluihin sekä kokoonpanon suoritukseen.

Tuotannon layout-pohjan perustaksi sovellettiin solulayoutmenetelmän ja tuotantolinjalayoutin yhdistelmää. Solulayoutin tapaan kaikki työvaiheet ovat oma solunsa, mutta tuotantolinjan vaikutteita saadaan järjestämällä solut linjastomaisesti, mahdollistaen materiaalin sujuvan siirtymän työpisteeltä toiselle. Yhdistelmään päädyttiin nykytilanteen tuotantotyylin, joustavuuden sekä resurssien vaihtelevuuden vuoksi, huomioiden lopputuotteena saatu mahdollisimman sujuva ja yksinkertainen kokonaisuus.

8.2 Layoutpohja

Layout-pohjan suunnittelu aloitetaan valitsemalla toivottu, tarkoituksenmukaisen tuotantomenetelmä. Tämän jälkeen mietitään materiaalin kulku sekä työvaiheistus. Nämä kolme muodostavat yhdessä laitteen tuotannolle kohdistetun layoutpohjamallin. Layout-pohjan tarkemmassa suunnittelussa tulee tuotannon rajoitukset ja niille ominaiset yksityiskohdat huomioida.

Layout-pohjat suunnitellaan ennalta määritellyn tilajaottelun perusteella. Tuotantotilassa 1 valmistetaan kaikki putken hienomekaaniseen osuuteen liittyvä

työ (käsitelty luvussa 7.2). Alustan kokoonpano (käsitelty luvussa 8.3), pakkaus ja varastointi suoritetaan tuotantotilassa 2. Tuotantotila 3 on määritelty ulkoistetun elektroniikan alikokoonpanon käyttöön ja siten varsinaisen layout-suunnittelun ulkopuolelle (liite 2). Erityisenä toiveena tuotannon järjestelemiseksi oli, että työskentelytilat suunniteltaisiin mahdollisimman suurelta osin ikkunoiden eteen ja varastohyllyt vastaavasti sijoitettaisiin ikkunattomien seinien kohdalle.

Suunnittelun aikana pohdittiin, kuinka kokoonpano olisi kokonaisuutena tehokas ja kokoonpanon työvaiheet selkeät. Päädyttiin siihen, että jokaiselle työvaiheelle on oltava omat työkalut ja jokaista vaihetta tulee pystyä tekemään tarvittaessa puskuriin. Työpisteiden suunnittelu vaikutti layoutin muodostumiseen merkittävästi, joten layoutin pääkohdat hahmottuivat hyvin selkeästi työvaiheistuksen jälkeen. Huomioitavana tärkeänä seikkana pidettiin tiloissa valmiiksi olevat sähkölinjat ja ESD-suojamaadoitetut pistokkeet. Lean-menetelmä huomioitiin jokaisen työvaiheen suorittamisessa sekä tuotteen liikuttelun suunnittelussa. Siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseksi pohjan suunnitelmassa määritellään kaikille toiminnoille ja työkaluille omat merkityt paikkansa.

Kokoonpanovaiheiden selkeydyttyä kävi selväksi, että osakokoonpano toisistaan itsenäisinä ja irrallisina työvaiheina tulee perustua solumalliin. Pääkokoonpanolle sen sijaan nähtiin tarkoituksenmukaisena ottaa lähtökohdaksi tuotantolinja, sillä tuotannon tarkoitus on valmistaa vain yhtä, tiettyä tuotetta, jonka kokoonpanovaiheet tiedetään. Suunnittelun lopputuotoksena syntyi kaksi vaihtoehtoista layoutmallia, jotka ovat sekoituksia näistä kahdesta pohjamallista. Tuotannonsuunnittelun layoutpohjan laatimisessa oli keskeisenä lähtökohtana tilankäytön optimoiminen.

8.2.1 Layout 1

Hienomekaaninen kokoonpano toteutetaan layout-pohjassa siten, että osakokoonpano ja pääkokoonpano toimivat erillisinä, rinnakkaisina linjastoina. Kullekin työvaiheelle on määritelty oma työpiste. Pääkokoonpano toimii varsinaisen tuotantolinjaston tavoin, mutta osakokoonpano on solutettu siten, että työpisteet ovat toisistaan erillisiä ja riippumattomia yksiköitä.

Osakokoonpanosolut on kuitenkin sijoitettu tuotantotilassa suhteessa toisiinsa rinnakkain pääkokoonpanolinjastoa mukaillen. Liitteessä 7 on esitetty layoutin 1 työvaihemalli siten, että pääkokoonpanovaiheet on merkitty numeroin (1–8) ja osakokoonpanovaiheet aakkosin (a–e). Työvaiheen merkinnät vastaavat luvun 8.2 kokoonpano-osiossa annettuja nimityksiä.

Osakokoonpanovaiheet ovat muista vaiheista riippumattomia työvaiheita, joten kullakin osakokoonpanosolun työpisteellä tehdään työvaiheeseen kuuluva kokoonpanotyö siten, että työvaiheen lopputuote varastoidaan välivarastoon. Välivarasto tarkoittaa työpisteen pöydän etuosassa olevaa laatikkoa.

Pääkokoonpanovaiheet ovat riippuvaisia sekä edellisistä pääkokoonpanovaiheista että mahdollisesta edeltävästä osakokoonpanovaiheesta. Tuote kulkee pääkokoonpanolinjastoa pitkin valmistuen asteittain kullakin työpisteellä. Tarvittavat osakokoonpanosolusta tulevat osat työntekijä ottaa kussakin vaiheessa välivarastosta. Osakokoonpanovaiheet on sijoitettu suhteessa pääkokoonpanovaiheisiin siten, että tarvittavat osakokoonpanotuotteet löytyvät kunkin vaiheen osalta vastapäätä, suoraan työntekijän selän takaa.

Tuotteen alusta valmistetaan Tuotantotilassa 2, jossa vaiheistus on suunniteltu virtaamaan vastaan tuotantotilasta 1 saapuvaa valmista tuotteen putkiosaa. Alustan osakokoonpanon vaiheet vastaavat luvussa 8.3 annettuja nimityksiä (1–5). Alustan kokoonpano suoritetaan tuotantolinjastona siten, että kullekin työvaiheelle on määritetty oma työpiste. Tuote kulkee linjastoa pitkin valmistuen asteittain kunkin työvaiheen kokoonpanon mukaisesti. Lopuksi molempien tuotantotilojen lopputuote pakataan erillisellä työpisteellä tuotantolinjastojen kohtaamispaikassa.

Materiaalivirrat ja varastointi

Layoutissa 1 tuotannon materiaalivirtaus (liite 8) on jatkuvaa. Kun materiaalit saapuvat toimipaikalle, ne hyllytetään tuotantotiloissa 1, 2 ja 3 oleviin varastohyllyihin 1, 3, 4 ja 6 jokaiselle työpisteelle erikseen lähtevään laatikkoon. Hyllyjen alapuolelle on varattu tilat tehtaalta tuleville osavaiheittain

lajittelemattomille varastokuormille, jotka asetetaan aina tarviketta vastaavalle omalle, merkitylle paikalle. Varastotuotteiden saapuminen tuotantotiloihin on merkitty piirroksessa saapuvaksi sinisellä nuoliviivalla. Hyllyissä on kullekin työpisteelle laatikot, joihin jokaisessa työvaiheessa tarvittavat varastoitavat materiaalit lajitellaan, sekä lista osista ja tarvikkeista, jotka kuhunkin laatikkoon tulee pakata. Varastohyllyistä materiaalit siirretään jokaiselle työpisteelle 1–8 ja a–e valmiiksi otettavina laatikkopakkauksina. Tämä on merkitty piirrokseen vihreällä nuoliviivalla saapuvaksi hyllyistä 1 ja 4 linjastoille 1, 2 ja 3. Tuotantotilasta 3 alihankintana valmistettavat komponentit tuodaan suoraan varastohyllystä 3 tuotantotilan 1 kokoonpanolinjastolle 2, joka on vastaavasti merkitty omaksi saapuvaksi materiaaliksi vihreällä nuoliviivalla.

Tuotteen valmistuksen aikana osavaiheiden a–e materiaali siirtyy osakokoonpanovaiheeseen. Kun kokoonpanon vaiheita 1–8 valmistetaan, kussakin vaiheessa työntekijä ottaa valmiiksi laatikoidut osakokoonpanotuotteet selän takaa omalle työpisteelleen. Osakokoonpano-osia on laatikossa kerralla useampia. Näin pääkokoonpanon työvaiheita seuraava punainen viiva saattaa vaihe kerrallaan tuotteen valmiiksi. Valmis putki varastoidaan välivarastoon tuotantotilojen 1 ja 2 väliseen hyllyyn 2.

Tuotteen alustaan tarvittava saapuva materiaali kuljetetaan varastoon hyllyyn 4 ja 6, mikä on merkittynä piirroksessa sinisellä nuoliviivalla. Alustan kokoonpano tuotantolinjalla on merkitty punaisella nuoliviivalla. Tuotantotilan 1 ja 2 pääkokoonpanojen punaisten viivojen kohdatessa tuote pakataan linjastossa 3. Myös tässä vaiheessa tarvittavat pakkausmateriaalit löytyvät heti työntekijän selän takaa, hyllyyn 4 varastoituna. Valmis pakattu tuote siirretään punaisen nuoliviivan mukaisesti varastohyllyyn 5 lähteväksi tavaraksi.

8.2.2 Layout 2

Vaihtoehtoisessa layout-pohjassa hienomekaaninen kokoonpano toteutetaan siten, että laitteen pääkokoonpano on jaoteltu tuotantolinjaratkaisu ja osavaihekokoonpanolle on valittu tuotantolinjastolayoutista sovellettu solupainotteinen ratkaisu. Liitteessä 9 on esitetty Layoutin 2 työvaihemalli siten, että pääkokoonpanovaiheet on merkitty numeroin (1–8) ja

osakokoonpanovaiheet aakkosin (a–e). Työvaiheen merkinnät vastaavat luvun 8.2 kokoonpano-osiossa annettuja nimityksiä.

Osakokoonpanovaiheissa a–e valmistetaan osat pääkokoonpanovaiheille tuotantolinjastossa 1. Kukin työvaihe on toisistaan erillinen ja riippumaton, mutta työvaiheilla on yhteinen, joskin jaoteltu, välivarasto. Työntekijä pystyy siten valmistamaan tuotantolinjamaisesti kunkin osakokoonpano-osan valmiiksi kerrallaan, siirtäen useamman tuotteen kerralla välivarastoon.

Pääkokoonpano on jaettu kahteen eri linjastoon; linjastoon 2 ja linjastoon 3. Pääkokoonpanovaiheet 1–4 muodostaa tuotantolinjaston 2 ja pääkokoonpanovaiheet 5–8 tuotantolinjaston 3. Tuotantolinjasto 3 on sijoitettu tuotantolinjaston 1 vastakkaiselle seinälle. Tuotantolinjasto 2 on huoneen keskellä linjastojen välissä siten, että se lähtee heti tuotantolinjaston 1 takaa ja päättyy tuotantolinjaston 3 taakse yhdistäen kokoamiskokonaisuuden. Osakokoonpanojen a–e välivarasto on tuotantolinjaston 2 alussa.

Tuotteen alusta valmistetaan Tuotantotilassa 2 täsmälleen samalla tavalla, kuin Layoutissa 1. Vaiheistus on suunniteltu virtaamaan vastaan tuotantotilasta 1 saapuvaa valmista tuotteen putkiosaa. Alustan osakokoonpanon vaiheet vastaavat luvussa 8.3 annettuja nimityksiä (1–5). Alustan kokoonpano suoritetaan tuotantolinjastona siten, että kullekin työvaiheelle on määritelty oma työpiste. Tuote kulkee linjastoa pitkin valmistuen asteittain kunkin työvaiheen kokoonpanon mukaisesti.

Materiaalivirrat ja varastointi

Layoutissa 2 tuotannon materiaalivirtaus (liite 10) on jatkuvaa. Kun materiaalit saapuvat toimipaikalle, ne hyllytetään tuotantotiloissa 1, 2 ja 3 oleviin varastohyllyihin 1, 2, 4, 5 ja 7. Kunkin tilan hyllyyn tulee kyseisessä tilassa tarvittavat varastoitavat materiaalit. Varastotuotteiden saapuminen tuotantotiloihin on merkitty piirroksessa saapuvaksi sinisellä nuoliviivalla. Varastohyllyistä materiaalit siirretään työpisteille hyllyistä valmiiksi otettavina pienempinä pakkauksina. Pakkaukset sisältävät tarvikkeet, joita työpisteellä tarvitaan ja tarvikkeet asetetaan aina tarviketta vastaavalle omalle, merkitylle

paikalle. Tämä on merkitty piirrokseen vihreällä nuoliviivalla. Tuotantotilasta 3 alihankintana valmistettavat komponentit tuodaan tuotantotilaan 1 suoraan pääkokoonpanovaiheen 4 pöydälle, mikä on myös merkitty saapuvaksi materiaaliksi vihreällä nuoliviivalla.

Kun kokoonpanovaiheita 1-4 valmistetaan, kussakin vaiheessa työntekijä ottaa valmiiksi laatikoidut osakokoonpanotuotteet linjaston päädyistä omalle työpisteelleen. Näin pääkokoonpanon työvaiheita seuraava punainen viiva saattaa tuotteen vaihe kerrallaan valmiiksi. Valmis putki varastoidaan välivarastoon tuotantotilojen 1 ja 2 väliseen hyllyyn 3.

Tuotteen alustaan tarvittava saapuva materiaali kuljetetaan varastoon hyllyyn 4 ja 6, mikä on merkittynä piirroksessa sinisellä nuoliviivalla. Alustan kokoonpano tuotantolinjalla on merkitty punaisella nuoliviivalla. Lopuksi, tuotantotilan 1 ja 2 pääkokoonpanojen (punaiset viivat) kohdatessa tuote pakataan tuotantotilassa 2. Myös tässä vaiheessa tarvittavat pakkausmateriaalit löytyvät heti työntekijän selän takaa, hyllyyn 4 varastoituna. Valmis pakattu tuote siirretään punaisen nuoliviivan mukaisesti varastohyllyyn 5 lähteväksi tavaraksi.

8.2.3 Layout-vaihtoehtojen vertailu

Tuotantotilan valinnassa painotettiin joustavuutta, tuotannon yksinkertaisuutta sekä sujuvaa materiaalinvirtausta. Myös investointikulut täytyi huomioida suunnittelussa. Hyötyarvomatriisin avulla tarkasteltiin layout-pohjien soveltuvuutta tuotantotiloiksi. Matriisissa annetaan päätetyille tekijöille tietty painoarvo 1–10. Jokaisen tekijän kohdalta mietitään, kuinka hyvin se toteutuu suunnittelussa layout-pohjassa ja annetaan sen mukaan painoarvolle kerroin. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Hyötyarvomatriisin tulokset layout-vaihtoehtojen arvioinnissa

Hyötyarvomatriisi			
Tekijä	Painoarvo	Layout 1	Layout 2
Materiaalin virtaus	10	8	6
Tilan käyttö	7	7	8
Kuljetusmatkat	8	7	9
Investointikulut	9	10	7
Vapaa tila	5	9	7
Erikoist työkalujen sijoittelu	6	7	7
Selkeys	7	9	6
Mahdollisuus usean henkilön työskentelylle	9	8	8
		479	435

8.2.4 Layoutin valinta

Yhdessä työntekijöiden kanssa päädyttiin layout 1 vaihtoehtoon valintaan, sillä layout mahdollistaa paremmin haluttujen osien runsaamman valmistamisen puskuriin sekä saa yleisesti suuremmat pistemäärät hyötyarvomatriisin perusteella arvioituna. Järjestely antaa joustavuutta ja paremman mahdollisuuden tuotantotiloissa toimimiseen yhden työntekijän voimin. Layoutissa 2 kuljetusmatkat osakokoonpanovaiheiden d ja e välivarastosta pääkokoonpanolinjastoon 3 ovat pitkät. Kuitenkin layoutissa varastohyllyt ovat lähempänä kutakin työpistettä, mikä mahdollistaa kohdistetumman varastoinnin ja tältä osin lyhyemmät kuljetusmatkat.

Layout 1:n virtaus varastosta sekä varastoon on kuitenkin kokonaisuudessaan selkeämpää sekä loogisempaa kuin layoutissa 2. Tällöin tila hyödynnetään paremmin tuotannon käyttöön ja hukkavarastoa ei muodostu. Layout 1 tuo tehokkaan järjestelyn, mutta kuitenkin jättää tuotantotilaan enemmän vapaata tilaa. Molemmat mahdollistavat useamman henkilön työskentelyn tiloissa.

Materiaalinvirtaus erityisesti työpisteiden välillä on layoutissa 1 yksinkertaisempaa. Järjestelyssä kaikki työvaiheet ovat selkeämmin erillään toisistaan ja tuotantolinjaston väljyys antaa mahdollisuuden pitää pienen välivarastoinnin osavaiheiden ja kokoonpanon välissä. Lisäksi pohjan järjestyksessä turhaa liikettä on vähemmän. Varastosta käyttöpaikalle liikkuvat materiaalit on suunniteltu asetettavan siten, että tarvittavat osat ja ruuvit ovat

seuraavan käyttöpaikan mahdollisimman välittömässä läheisyydessä, vaikkakin varastoinnin välittömyyden osalta Layout 2 tarjosi paremmat mahdollisuudet.

Lopullisesti layoutin suunnittelun ja valinnan perustaksi muodostui osakokoonpanojen liittäminen laitteen pääkokoonpanoon helposti ja sujuvasti turha liike minimoiden. Suunnittelussa pidettiin tärkeänä myös sitä, että tuotantotyöntekijä voi työskennellä ikkunoiden edessä ja seinätilat käytetään mahdollisuuksien mukaan hyllytilana. Mielestäni nämä saatiin toteutetuksi hyvin valitussa layoutissa 1, jossa suurempi osa työskentelytilasta oli ikkunan edessä tai ikkunan läheisyydessä.

8.3 Tuotantotilat

Tuotantotilojen käyttö on määritelty ennalta pohjan suunnittelun yhteydessä ja on siten periaatteeltaan layoutista riippumaton (liite 2). Tuotantotilan layoutin suunnittelussa oli lähtökohtana, että kaikki hienomekaaninen kokoonpano suoritetaan Tuotantotilassa 1. Tuotantotilassa 2 tehdään kaikki laitteen alustaosaan sekä koko laitteen ja lisätarvikkeiden lopulliseen pakkaukseen liittyvät työt. Tuotantotila 3 on varattu alihankintana valmistettavan elektroniikan osakokoonpanojen tuotantotilaksi, mutta on varsinaisesti yrityksen oman toiminnan ulkopuolella. Seuraavana esittelen tilojen Tuotantotila 1 ja 2 tarkemmat suunnitelmat ja valitun Layout 1:n pohjalta laaditut kokoonpanosuunnitelmat jaoteltuna tuotantotiloittain.

8.3.1 Tuotantotila 1

Tilassa kokoonpannaan varsinainen laitteisto, kuntolaitteen putki, hienomekaanisine osuksineen. Laite kootaan pääkokoonpanossa linjastossa 2 nimetty numeroin 1–8, jossa hienomekaaninen osuus eli putken kokoonpano saatetaan valmiiksi ja testataan. Tila on suunniteltu siten, että pääkokoonpanolinjan takana on toinen linjasto 1 eli osakokoonpanolinja. Osakokoonpanolinjastossa 1 (nimetty aakkosin a–e) kootaan ja valmistellaan kaikki pääkokoonpanovaiheessa tarvittavat hienomekaaniset osakokoonpanosat, jotka siirretään asennettaviksi pääkokoonpanolinjastoon 2.

Osakokoonpanot valmistetaan puskuriin linjaston etuosaan, joten pääkokoonpanovaiheeseen tarvittavat osat löytyvät heti kokoonpanotyöntekijän selän takaa suoraan meneillään olevaa työvaihetta varten. Kutakin kokoonpanon vaihetta varten tarvittavat osat siirretään niille varatuissa omissa lokeroissa suoraan kokoonpanon työpisteeseen.

8.3.2 Tuotantotila 2

Tuotantotilassa 2 valmistetaan tuotteen puinen alusta. Varsinainen alusta tulee yrityksen varastoon alihankintana valmiina osana. Tuotantotilassa alustaan teipataan logo ja sen pinta laminoidaan. Tämän jälkeen alustaan kiinnitetään putken liittämistä varten kiinnityslaipat ja liikuttelun mahdollistava rullapuu. Alustan osakokoonpanon vaiheet määritellään luvussa 7.2 kohdat 1–5.

Tuotantotilassa 2 valmiin Weelan putki ja alusta pakataan lisätarvikkeiden kanssa. Tuotantotilassa 1 valmistettua putkea ja tuotantotilassa 2 valmistettua alustaa ei kiinnitetä toisiinsa, vaan ne pakataan erillisinä osina asiakkaalle, joka kiinnittää itse tuotteet toisiinsa pakkaukseen liitettyjen ohjeiden mukaisesti. Mukaan pakkaukseen tulee putken ja alustan lisäksi käyttöohjeet, laturi ja kaksi kahvaa: kahdenkäden T-mallin kahva sekä yhdenkäden kahva.

9 YKSITTÄISTEN TYÖVAIHEIDEN KEHITTÄMINEN

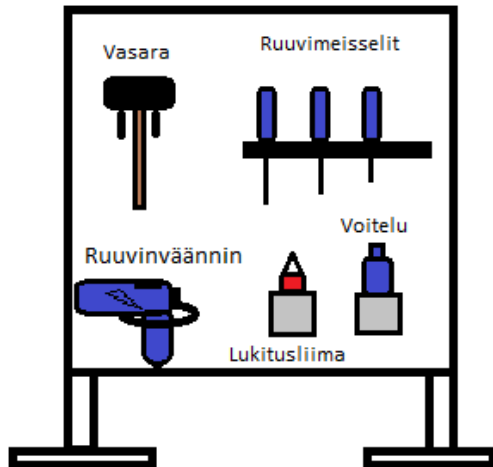
9.1 Työpisteiden suunnittelu ja määrittely

Työpisteet määriteltiin layout-pohjan mukaisesti kokoonpanovaiheittain (liite 7). Tarvittavat työpisteiden tarvikkeet muodostuvat työvaiheen vaatimasta materiaalista, työkaluista sekä työvaihekohtaisista erikoistyökaluista ja toiminnoista. Osakokoonpano A työpisteille nostetaan hylly 1 varastosta aina kerralla viiden laitteen materiaalit. Kiinnitysruuvit varataan tuotantotila 1 ja 2 pöydille tukkupaketti kerrallaan.

Käsiteltäessä varauksellisia sähkölaitteita täytyi huomioida sähköturvallisuus. Tila oli aikaisemmin ollut elektroniikan kokoonpanossa, joten ESD-suojamaadoituspistokkeet olivat valmiina. Maadoitus kytkettiin ESD-mattoihin, jotka laitettiin pöytien päälle.

Jokaisen työpisteen suunnittelussa huomioitiin ergonomia ja työn sujuvuus siten, että kaikki työvaiheeseen tarvittavat työkalut ovat helposti saatavilla pisteen välittömästä läheisyydestä turhan liikkeen minimoimiseksi. Jokaisen työvaiheessa tarvittavan työkalun paikka merkitään 5S-menetelmän mukaisesti työkaluseinään. Työkaluseinästä löytyvät juuri ne työkalut, joita kyseiseen työvaiheeseen tarvitsee. Myös tarvittavat erikoistyökalut ovat helposti ja nopeasti käytettävissä.

Työkaluseinät toteutettiin pöytäteline ratkaisulla. Työkaluseiniä sijoitellaan siten, että osakokoonpano linjalle tulee kaksi ja pääkokoonpanolinjalle kolme kappaletta. Seinässä tarvitsee olla kunkin työvaiheen kokoonpanoon tarvittavat työkalut. Työkaluseinäksi soveltuva malli on luonnosteltu kuvassa (kuva 15).



KUVA 15. Työkaluseinän malli

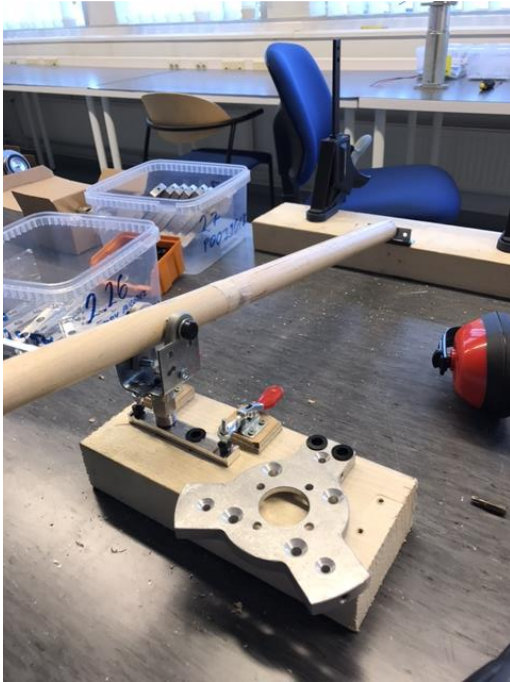
9.2 Erikoistyyökalujen suunnittelu ja toteutus

9.2.1 Liukulaakereiden asennustyökalu (osakokoonpano a)

Liukulaakereiden asennus toteutettiin aiemmin vasaralla lyöden. Tällöin liukulaakeri saattoi vahingoittua tai jopa pahimmassa tapauksessa haljeta. Lisäksi työpiste sijoittui suunnitellussa layoutissa lähelle toimistotiloja, jolloin vasaran lyönnistä kuuluva pauke häiritsisi toimistotyöntekijöiden työskentelyä. Nämä seikat huomioiden suunnittelin kokoonpanovaihetta varten asennustyökalun, joka asentaa liukulaakerin varmasti, vahingoittamatta ja lähes ilman ääntä. Asennustyökalu tuo siten asiakkaalle sekä sisäistä että ulkoista lisäarvoa. Pääasiallinen syy työkalun kehittämiseen oli ulkoinen lisäarvo eli tuotteen laadun parantaminen. Kun liukulaakerin ylimääräinen hajoaminen estetään asennustyökalua käyttämällä, prosessi tulee sujuvammaksi ja siten myös osin nopeutuu. Sujuvamman kokonaisprosessin lisäksi sisäistä lisäarvoa asiakkaalle tuo ns. sivutuotteena työergonomian paraneminen, kun ylimääräinen työvaiheen meteli poistuu sekä liukulaakerin kiinnittäminen fyysisesti helpottuu.

Liukulaakerityökalu toimii tuotantolinjan osakokoonpanossa a. Työkalun toiminta perustuu vipuvarresta muodostuvaan voimaan. Varren toisessa päässä on sarana, joka on asennettu pöytään kiinnitettyyn tukipisteeseen. Vipuvarsi liikkuu

saranan varassa ylösalaisin. Noin puolessa välissä vipuvartta on voiman kohdistava mittatarkka paininosa, jolla liukulaakeri liitetään paikalleen. Laakeri asetetaan työkalun istukkaan, jolla se painetaan työkappaleeseen kiinni. Liukulaakeri painautuu pakottaen käsivoimalla tuotettavan voiman avulla, kun varren vapaasta päästä painetaan kädellä vartta alaspäin. Sarana pitää varren kiinni tasossa, jolloin vipuvartta painettaessa tuotetaan suurempi voima ja laakeri asettuu paikalleen. (Kuva 16.)



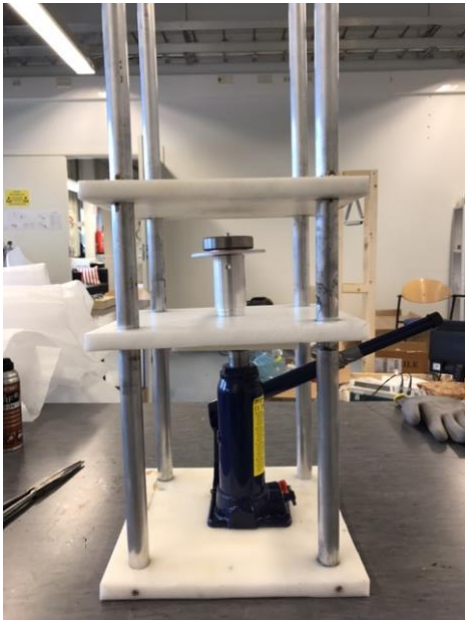
KUVA 16. Liukulaakerin asennustyökalu

9.2.2 Laakerin asennustyökalu (osakokoonpano b)

Ennen tässä työssä suunniteltua layoutia laakeri liitettiin myös akselin päähän kiinni vasaralla lyömällä. Tällöin laakerin alle kiinnitetty aluslevy saattoi tärähdyksen voimasta asettua väärään asentoon. Aluslevyn virheellinen asento esti laakerin pyörimistä, jolloin laakeri liikkui tahmeasti. Laakerin irrottaminen osatuotteesta oli haastavaa ja aiheutti hukkatyötä. Lisäksi laakeri vahingoittui toimenpiteessä uudelleenkäyttökelvottomaksi ja aiheutti siten taloudellista menetystä. Laakerin asennukseen suunniteltiin työkalu, joka kiinnittää laakerin akselin päähän hydraulisen voiman avulla ilman aluslevyn asentoa vääristävää

tärähtävää liikettä. Työkalulla laakeri asettuu akseliin varmuudella oikeassa, suorassa asennossa eikä vahingoitu myöskään vasaran lyönnin iskuvoimasta.

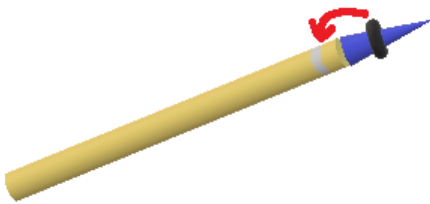
Laakerin asennustyökalu toimii tuotantolinjan osakokoonpanossa b. Asennustyökalun lisäksi työvaihetta muutettiin siten, että laakeroitava osa eli akseli otetaan suoraan pakastimesta. Näin ahdistussovitteiseksi laakeroitua osaa saadaan kutistettua ja laakeri asettuu helpommin paikoilleen. Asennustyökalu (kuva 17) on laakerin asennukseen sopiva prässäystyökalu, jossa puristavan voiman tuottaa hydraulinen pullotunkki. Pullotunkki liikuttaa työkalun alustaa neljän johdinkiskon varassa ja pakottaa laakerin paikalleen.



KUVA 17. Laakerin asennustyökalu

9.2.3 O-renkaan kartiokiinnitin

O-renkas on tiukka kiinnittää puurullan varteen ilman aputyökalua. Käsivoimin kiinnitettävä rengas hidasti työvaihetta. Työkaluksi (kuva 18) suunniteltiin kartio, jonka avulla liu'utettava kuminen rengas menee helpommin paikoilleen.



KUVA 18. Havainnointikuva O-renkaan kartiokiinnittimen toiminnasta

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tehtiin layout-suunnitelma Welapro Oy:n Weela-kuntoilulaitteen tuotantotiloista. Työ sisälsi myös kokoonpantavan tuotteen työvaiheistuksen, työkalujen ja materiaalivirtojen suunnittelun.

Tuloksena saatiin tuotantotilan layout-pohja, layoutin 3D-malli, sekä työvaiheiden, työkalujen ja materiaalivirtapiirroksen suunnitelmat. Materiaalivirrat ja osakokoonpanovaiheiden tuotoksen siirtyminen pääkokoonpanoon kehitettiin sujuvaksi mahdollisimman vähäisillä liikkeillä. Suunnittelutyö täytti aihepiirille määrätyt tavoitteet.

Tuotantotilan 1 lopullinen layout-suunnitelma on tiloissa toteutettuna, mutta täysin valmiiksi tilat järjestellään myöhemmin yrityksen toimesta tilajärjestelyihin sopeutuen. Suunnittelun lopullisen onnistumisen arviointi vaatii tuotantolinjan rutiininomaisen käynnistämisen ja tuotantotyöntekijän panoksen noudattaa suunniteltuja työvaiheita ja järjestystä. Tuotannon aikaisemman kokemuksen perusteella suunniteltu tuotantolinja vaikuttaa toimivalta kokonaisuudelta materiaalivirtojen ja työvaiheistuksien perusteella.

Opinnäytetyön aikana kehitys- ja pohdintatyötä käytettiin aktiivisesti koko suunnitteluprosessissa. Opin tuotantomenetelmien ja layout-suunnittelun perusteita kokonaisvaltaisesti tuotantolinjaston suunnittelussa. Työssä yhdistyi jo aikaisemmin ja työn aikana opitut tiedot soveltaen niitä käytäntöön.

LÄHTEET

1. Lehtonen, Juha-Matti (toim.) 2004. Tuotantotalous. Vantaa: WSOY.
2. Esittely. 2017. Weela. Saatavissa: <https://www.weela.fi/> Hakupäivä 24.3.2018.
3. Haverila, Matti J. – Uusi-Rauva, Erkki – Kouri, Ilkka – Miettinen, Asko 2005. Teollisuustalous. Viides painos. Tampere: Infacs Oy.
4. Heikkilä, Jussi – Ketokivi, Mikko 2005. Tuotanto murroksessa, strategisen johtamisen uusi haaste. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
5. Kouri, Ilkka. 2010. Lean taskukirja. Teknologiateollisuus Ry.
6. Liker, Jeffrey. K. 2010. Toyotan tapaan. Alkuperäisen teoksen nimi: The Toyota Way. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
7. Lecklin, Olli 2002. Laatu yrityksen menestystekijänä. 4. Uudistettu painos. Helsinki: Gummerus Kirjapaino Oy.
8. Mahalik, Pradeep. 5S. Isixsigma. Saatavissa: <https://www.isixsigma.com/tools-templates/5s/practical-approach-successful-practice-5s/> Hakupäivä 5.4.2018.
9. Phillippi, Nancy. What is 5S? Lean Manufacturing Simplified. Saatavissa: <http://clientsfirst-tx.com/5s-lean-manufacturing-simplified/> Hakupäivä 5.4.2018.
10. Kuisma, M. Staattisen sähköön purkaus (ESD). EMC-ESD. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa: <http://docplayer.fi/4900799-Staattisen-sahkon-purkaus-esd.html> Hakupäivä 7.4.2018.
11. Koulutusaineisto. VTT. Saatavissa: <http://virtual.vtt.fi/virtual/staha/koulutusaineisto.pdf> Hakupäivä 7.4.2018.
12. Kokoonpano. 2017. Kuva. Kempele: Welapro Oy.

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Pohjapiirros

Liite 3 Layout 1

Liite 4 3D Layout 1

Liite 5 Layout 2

Liite 6 3D Layout 2

Liite 7 Työvaiheistus layout 1

Liite 8 Materiaalivirtaus layout 1

Liite 9 Työvaiheistus layout 2

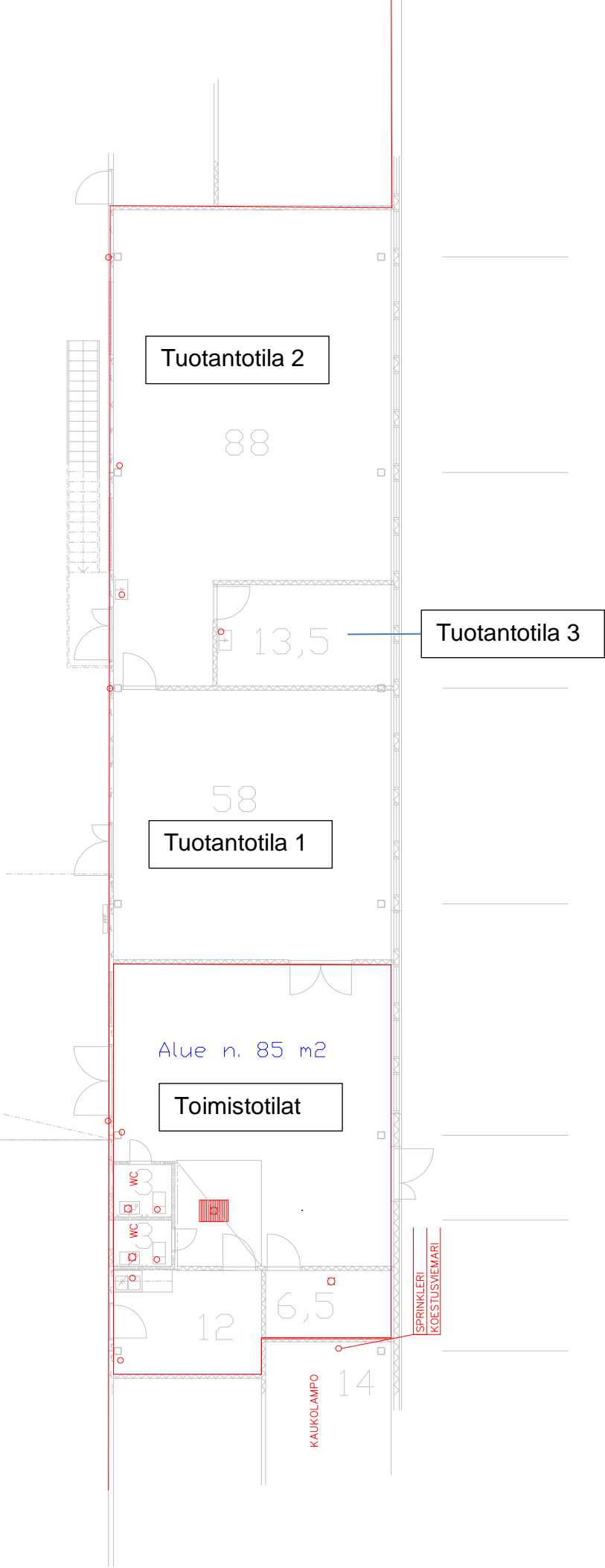
Liite 10 Materiaalivirtaus layout 2

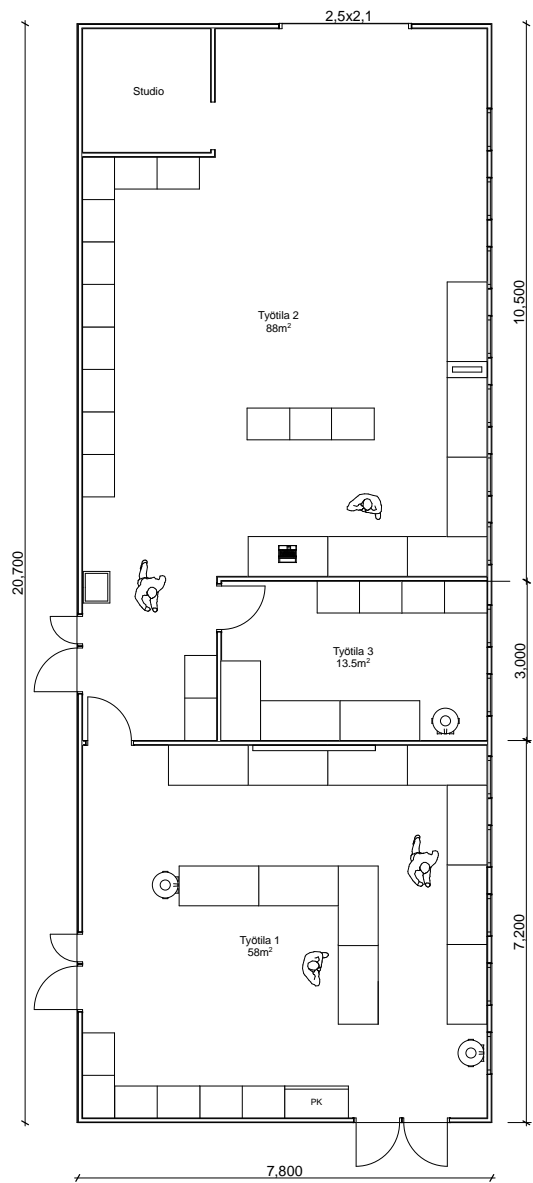
Liite 11 Lopullinen layout

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹ Eemil Haukka	Tilaaja ² Weelapro Oy, Takatie 6, Kempele
	Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³ Miikka Kurunlahti - miikka.kurunlahti@weelapro.fi	
	Työn nimi ⁴ Weela-kuntolaitteen tuotannon suunnittelu	
	Työn kuvaus ⁵ Tekijä suunnittelee Weela-kuntolaitteelle tuotantolaitteen pohjan. Mietti kokoonpitolinjan toiminnan ja sisäisen laatuohjelman.	
	Työn tavoitteet ⁶ - Tuotantolaitteen layout suunnittelu, laatuohjelman viittäminen ja sisäisen logistiikan suunnittelu	
	Tavoiteaikataulu ⁷ Työ valmiiksi Toukokuussa.	

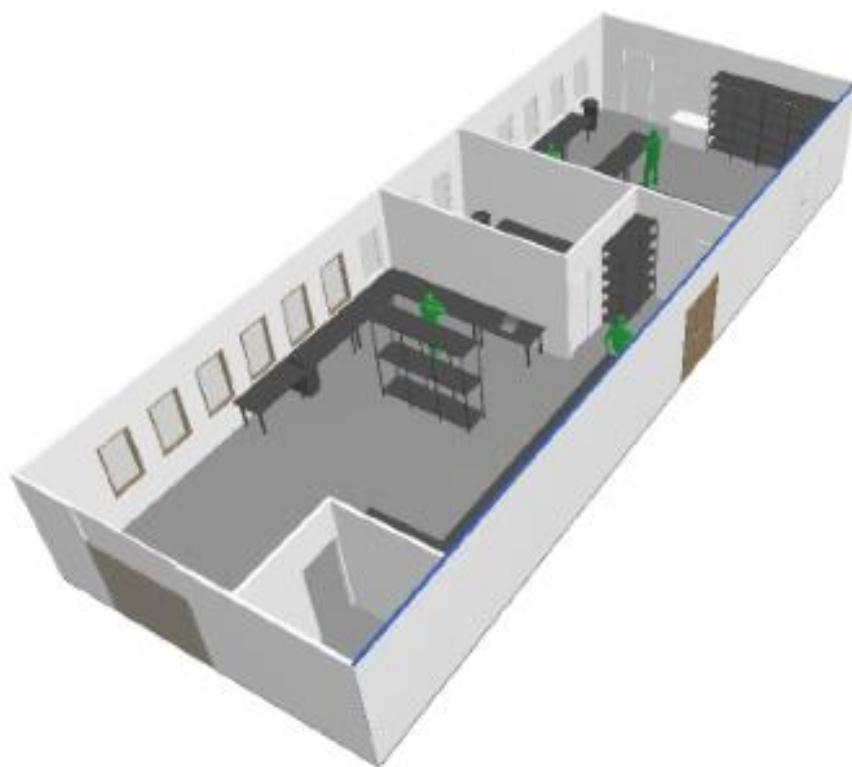
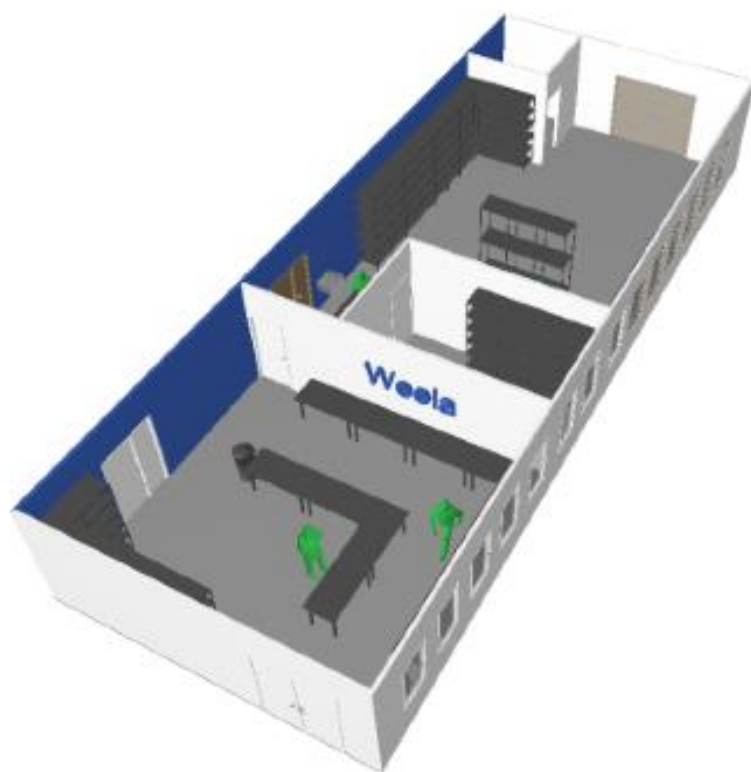
1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.
2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.
3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.
4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.
5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.
6. Esitetään projektin tavoitteet ja selvästi työn tavoitteet.
7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja opillaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.
8. Lähtötietomuistio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaajan yhdyshenkilö.

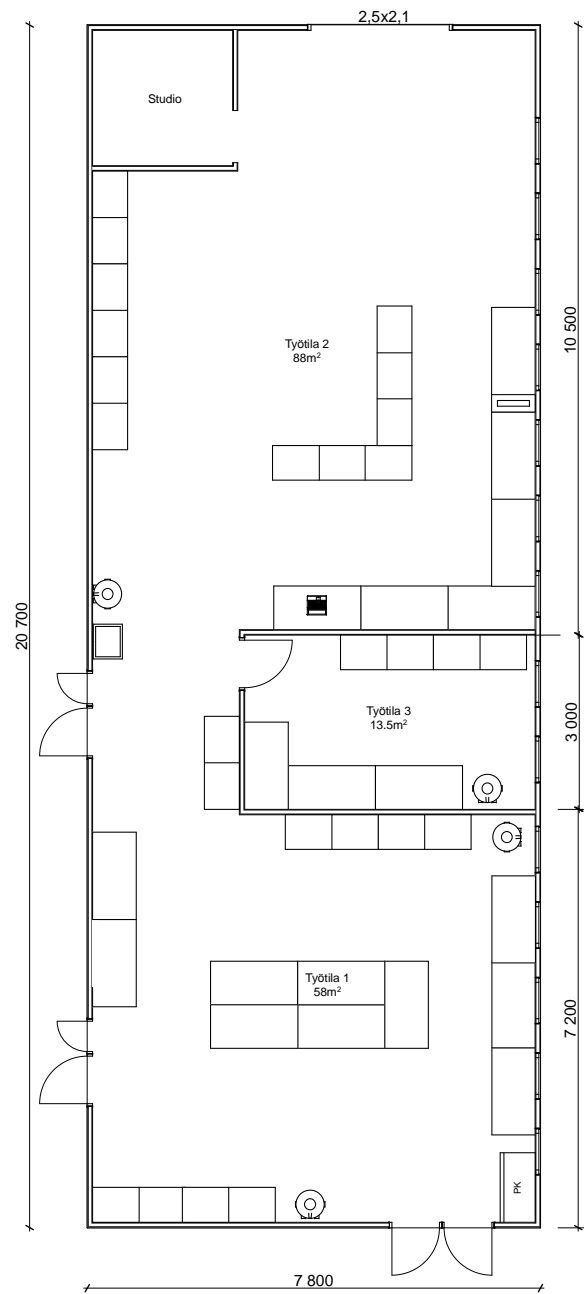




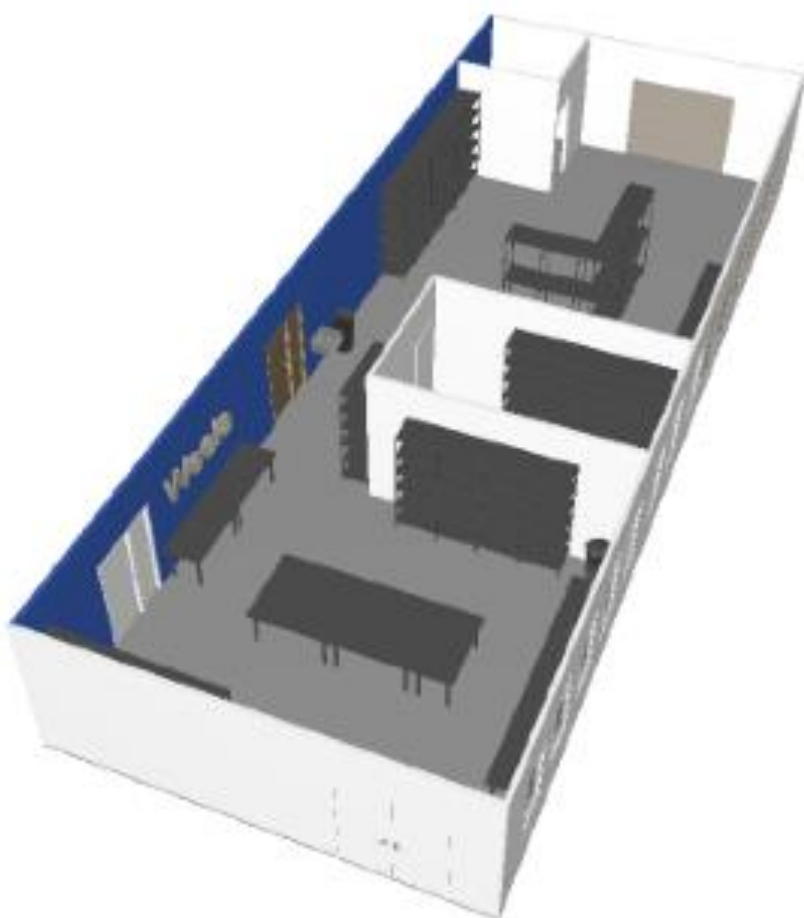
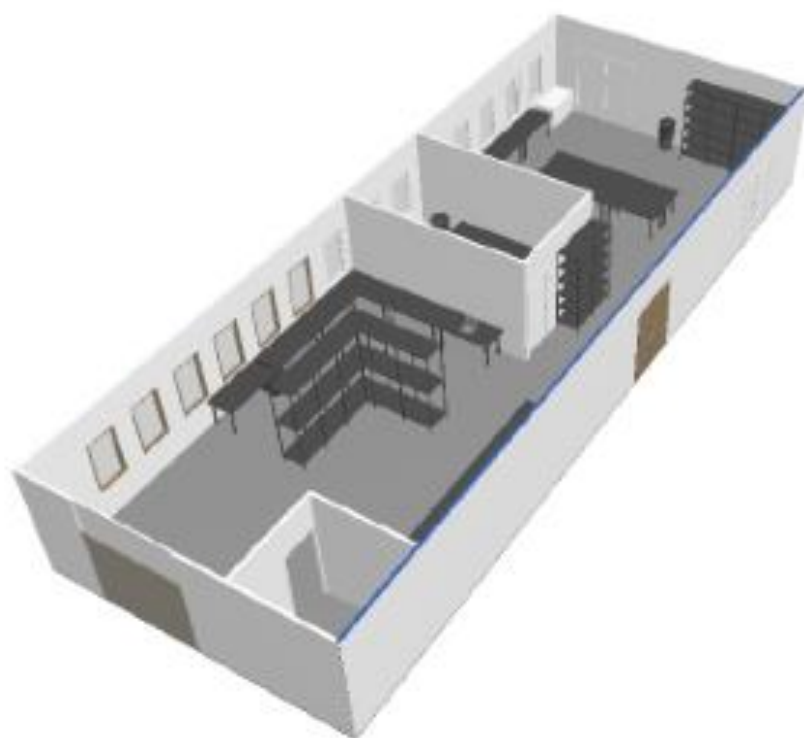
1:100

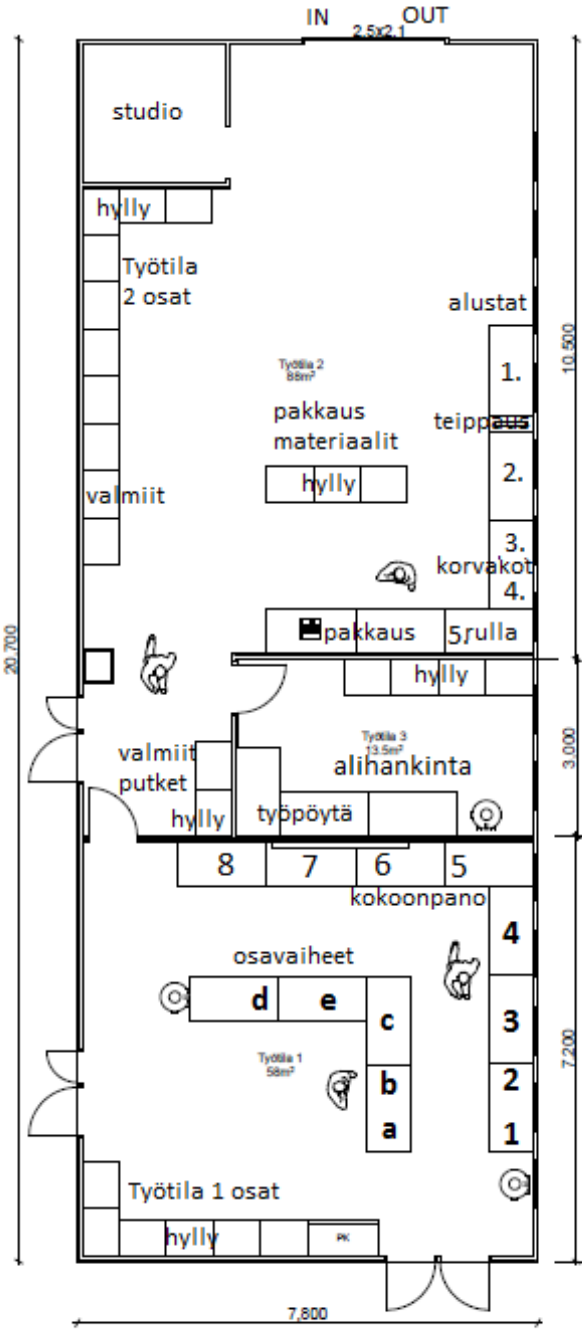
LAYOUT 1, TUOTANTOTILAT WEELA, TAKATIE





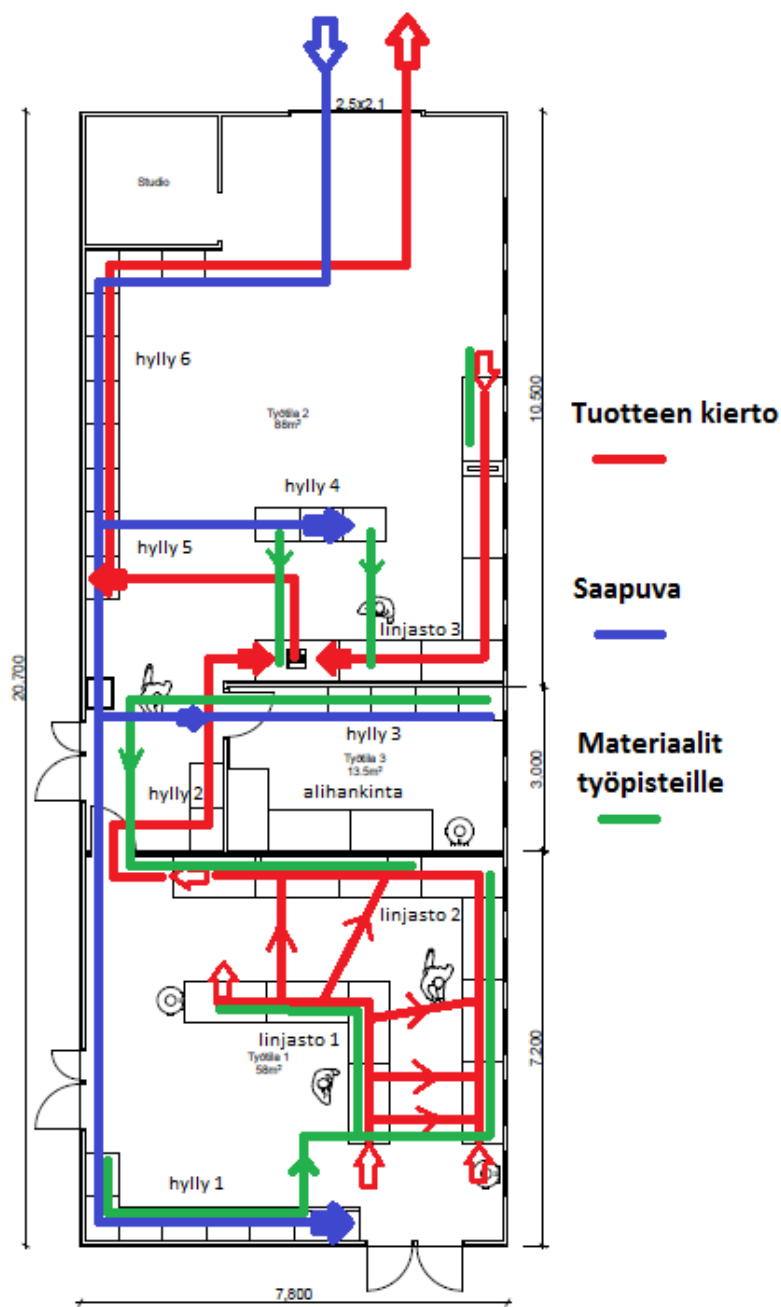
LAYOUT 2, TUOTANTOTILAT WEELA, TAKATIE





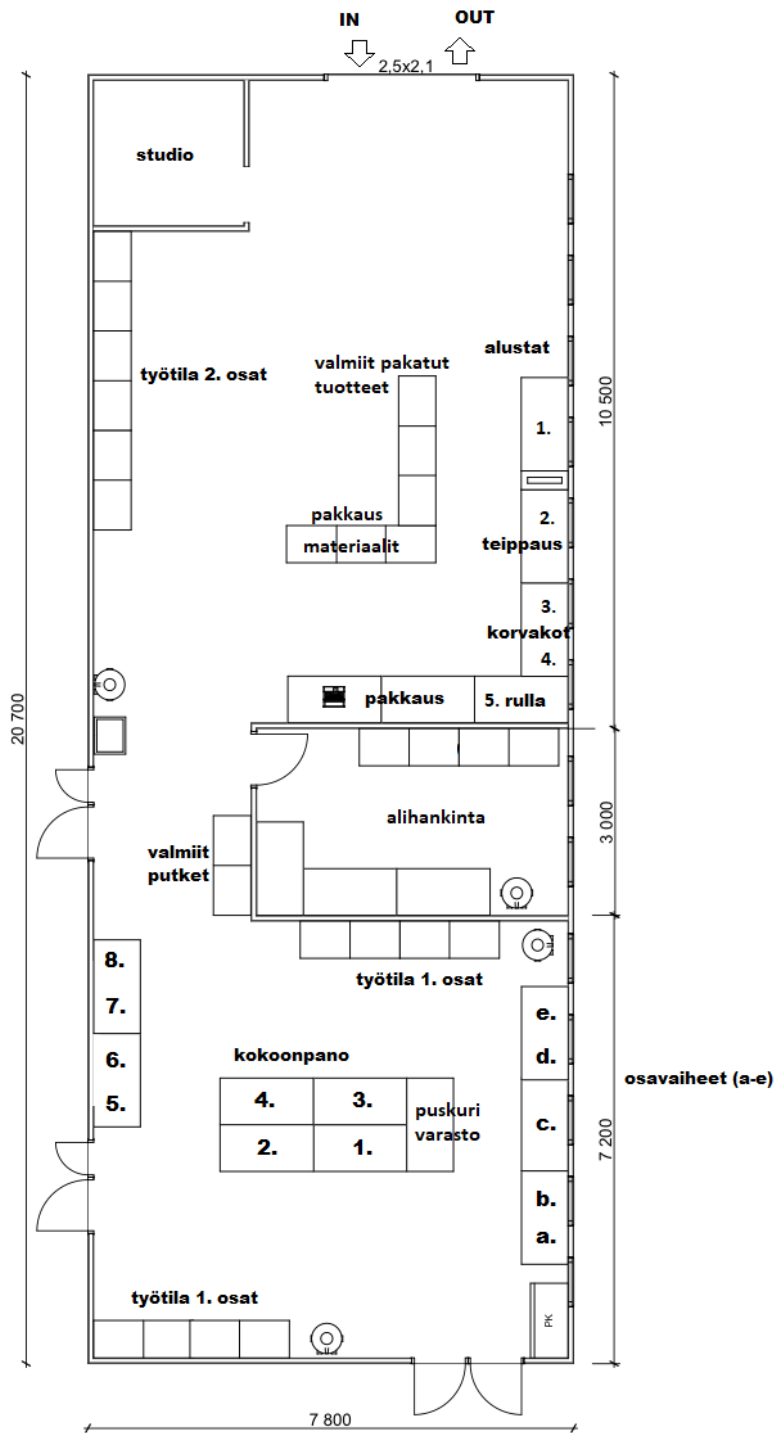
1:100

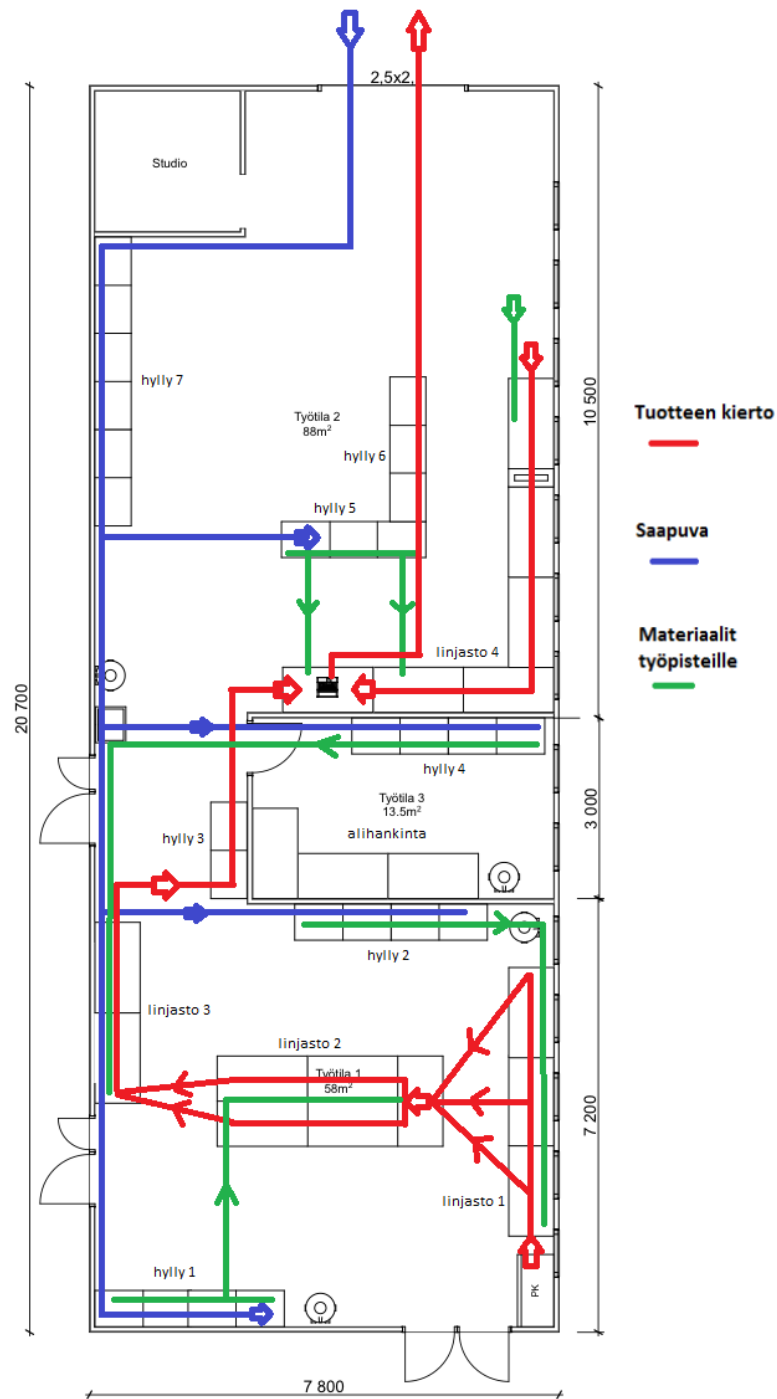
LAYOUT 1, TUOTANTOTILAT WEELA, TAKATIE



1:100

LAYOUT 1, TUOTANTOTILAT WEELA, TAKATIE





LAYOUT 2, TUOTANTOTILAT WEELA, TAKATIE

